COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUILLET 1895,

PRÉSIDENCE DE M. MAREY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la constitution physique de la Lune et l'interprétation de divers traits de sa surface, mis en évidence par les photographies;* par MM. **Lœwy** et **P. Puiseux**.

« Nous avons eu récemment l'honneur d'exposer à l'Académie le résultat d'études entreprises par le D[r] Weinek sur les clichés de la Lune obtenus à l'Observatoire de Paris. Nous avons consacré de notre côté un temps considérable à l'examen de ces mêmes clichés, et nous en avons fait des amplifications sur verre de grande dimension, dont des exemplaires ont été adressés aux principales Sociétés savantes. Ces épreuves permettent de voir sans difficulté à peu près tous les détails qu'il est possible de relever au microscope dans les clichés directs. Mais leur valeur réside surtout dans la facilité qu'elles donnent pour embrasser d'un coup d'œil

des régions étendues : facilité que pourraient envier, non seulement les astronomes obligés d'employer de forts oculaires, mais aussi les géographes et les géologues appliqués à l'étude des montagnes terrestres. Nous avons été ainsi amenés à constater un certain nombre de faits, malaisés à reconnaître sur les épreuves originales, et qui nous paraissent dignes d'une sérieuse attention.

» A première vue, les accidents superficiels de la Lune, comparés à ceux de la Terre, présentent une moins grande variété de types. La forme circulaire y est constamment prédominante. A côté d'elle paraissent en nombre relativement faible des traits rectilignes, vallées, sillons ou traînées. Cette uniformité d'aspect est sans doute l'indice d'une homogénéité plus grande des matériaux. Nous savons en effet que la densité moyenne de la Lune surpasse à peine celle des couches superficielles de la Terre, et demeure, par conséquent, bien au-dessous de la densité moyenne de notre globe. D'autre part, la manière dont la Lune réfléchit et polarise la lumière paraît indiquer que sa surface est composée de substances solides, analogues à celles que nous sommes à même d'observer couramment, et, en particulier, aux roches volcaniques. Ces faits sont en harmonie parfaite avec la célèbre hypothèse de Laplace, qui considère la Lune comme un fragment détaché de la Terre, à une époque où celle-ci avait le caractère d'une nébuleuse fortement dilatée. La stabilité de l'équilibre d'une pareille masse exige que les densités y aillent en décroissant du centre à la surface ; les matériaux de la Lune, empruntés exclusivement à la couche extérieure, ont dû présenter une densité générale moindre que celle de la Terre et une composition chimique plus uniforme.

» Il est possible, pourvu que l'on se résigne à faire au sujet des conditions initiales un certain nombre d'hypothèses, de reconstituer l'histoire de notre satellite, depuis l'époque où il a conquis une existence indépendante. Alors on peut chercher comment ont varié sa vitesse de rotation et l'orientation de son axe, jusqu'à quel point sa figure a pu s'écarter de celle d'une sphère. Mais il est clair que les conclusions ainsi obtenues reposent sur une base fragile, car elles ne se prêtent pas à une vérification effective. Des transformations aussi lointaines n'ont pu, en effet, laisser aucune trace à la surface de la Lune, telle que nous l'observons aujourd'hui. C'est seulement lorsque des portions étendues de sa masse sont parvenues à l'état solide et se sont fixées à un niveau relatif à peu près stable qu'il a pu s'y former des traits permanents encore reconnaissables à l'heure actuelle. D'autre part, les grands cirques de la Lune, objet principal de l'at-

tention des sélénographes, accusent par leur énorme relief et leur imposante régularité l'existence antérieure d'une écorce solide déjà très épaisse et restée depuis lors à peu près immuable. Entre ces deux périodes, celle de l'état nébulaire et celle de la fixité complète, se place nécessairement une époque de transition d'une immense durée. Le passage de la Lune de l'état liquide à l'état solide a dû commencer par la jonction progressive de bancs ou d'îlots de scories graduellement formés à la surface. Ces soudures effectuées avec difficulté et lenteur, contrariées par l'influence perturbatrice de courants d'origine diverse, ont dû constituer sur l'écorce des lignes de plus faible résistance et donner lieu à de nouvelles ruptures. Nous croyons en retrouver les traces dans les vallées et sillons rectilignes qu'une observation attentive révèle presque partout sur la surface visible de la Lune.

» Ces accidents linéaires, plus aisés à retrouver et à suivre sur les photographies que sur les cartes, peuvent être décrits d'une manière générale en peu de mots. Ce sont de larges vallées qui passent au travers des massifs montagneux, sans se préoccuper en rien de leur relief. Telles sont, pour ne citer que les plus profondes, la vallée des Alpes à l'ouest de Platon, celle qui s'étend au sud-ouest de Rheita, celles que l'on voit entre Herschel et Hipparque, entre Bode et Ukert. On aurait tort de se les figurer semblables aux vallées terrestres, progressivement élargies de leur source à leur embouchure et recevant sur leurs deux rives de nombreux affluents. Les vallées lunaires se distinguent par des caractères très nets. Elles sont presque rigoureusement rectilignes, ne se ramifient pas, gardent sur toute leur étendue une largeur à peu près uniforme. D'un bout à l'autre elles sont à peu près également déprimées au-dessous du niveau général. On ne voit point ce que sont devenus les matériaux qui auraient pu en être extraits par érosion, et rien n'indique que des alluvions les aient partiellement comblées. Examinées avec de puissants moyens optiques elles semblent posséder un fond plat, ce qui donne à croire qu'elles ont été, postérieurement à leur formation, occupées par un flot liquide qui s'y est solidifié.

» Ces vallées se rencontrent de préférence dans certaines régions de la Lune et présentent entre elles un parallélisme manifeste. Un examen attentif montrera même la superposition de deux ou trois systèmes, figurant par leurs intersections un réseau polygonal. Ainsi, certains de nos clichés datant du 14 mars de l'année dernière ou du 4 mars de cette année accusent un parallélisme évident entre cinq sillons rectilignes, les trois premiers tangents aux bords méridionaux d'Arzachel, d'Albatégnius et de

Ptolémée, les deux autres entamant les cirques Réaumur et Flammarion. Un second système, coupant le premier sous un angle d'environ 70°, est formé par des tangentes aux deux bords d'Albatégnius et d'Alphonsus, par des sillons qui entament le rempart de Ptolémée au nord-est et se dirigent vers Mœsting. On peut rattacher au même groupe la vallée spacieuse ouverte à l'ouest d'Herschel, ainsi que le Mur Droit, entre Thebit et Birt. Le cirque d'Albatégnius se trouve ainsi inscrit dans un parallélogramme, et même les angles aigus de ce parallélogramme sont coupés par des sillons assez visibles, de manière à donner l'aspect d'un hexagone régulier. La vaste dépression dont Tycho occupe le centre a nettement la forme d'un parallélogramme. Des formations semblables s'observent autour de Théophile et de Delambre. On notera aussi l'existence de deux sillons parallèles, tangents aux bords méridionaux de Clavius et de Blancanus. La partie boréale de la Lune donne lieu à des remarques analogues. Eudoxe occupe l'intérieur d'un parallélogramme formé par quatre sillons rectilignes, dont deux ont justement l'orientation de la vallée des Alpes. Non loin de là, le cirque comblé d'Egede a pour contour un losange assez régulier. La même tendance à l'alignement se reconnaît dans les entonnoirs sans rebord ou à rebord à peine appréciable que l'on voit semés en grand nombre à la surface de la Lune. On trouve souvent ces orifices réunis ensemble comme les grains d'un chapelet, rapprochés au point que les cloisons intermédiaires disparaissent et qu'il ne subsiste plus qu'un sillon unique, avec élargissements et resserrements alternatifs. On en observe deux spécimens curieux, dessinant, l'un une tangente commune intérieure aux remparts d'Almanon et d'Albuféda, l'autre une tangente commune extérieure aux remparts d'Albatégnius et de Ptolémée. Plus espacés, les entonnoirs sont quelquefois réunis par un sillon apparent. Souvent aussi le terrain qui les sépare reste uni, mais leur alignement, trop parfait pour être mis sur le compte du hasard, fait soupçonner quelque lien invisible.

» Cherchons à remonter à l'origine des formations qui viennent d'être énumérées. Des courants se sont nécessairement développés dans la masse de la Lune encore fluide. Ils ont dû, au moins dans la région équatoriale, s'orienter de préférence suivant des parallèles. Mais d'autres directions ont pu apparaître, comme le démontre amplement la variété des figures réalisées sous nos yeux par la circulation de l'eau et de l'atmosphère terrestre. Rien n'autorise à croire que ces directions soient demeurées fixes. Il est plus probable qu'elles se sont modifiées avec lenteur, en subissant

des variations périodiques ou séculaires. Tant qu'il n'y a pas eu accord entre la durée de la révolution de la Lune et celle de sa rotation, les marées ont dû provoquer des changements de niveau accentués, qui ont retardé longtemps la consolidation de l'écorce. Des scories se sont d'abord formées à la surface et agglomérées progressivement en îlots plus étendus. Partant à la dérive, heurtés les uns contre les autres, ceux-ci ont dû souvent se briser, s'enchevêtrer, ainsi qu'on le voit faire aux glaçons dans la congélation des rivières rapides. Gagnant ainsi en épaisseur, ils ont constitué les plus anciennes régions de la Lune, ces hauts plateaux bosselés et fracturés, aux dépens desquels se sont formés les cirques. Des bancs de scories d'une grande étendue ont fini par couvrir la surface presque entière de la planète et par ne laisser que d'étroits passages à la circulation. Les frottements prolongés qui se sont produits entre des îlots voisins animés de vitesses un peu différentes ont détruit les parties saillantes, faisant ainsi apparaître des portions de contour rectilignes qui ont facilité les soudures ultérieures. Des faits de ce genre s'observent constamment sur les glaçons formés à la surface des fleuves dans les hivers rigoureux. La forme polygonale y est presque de règle. Au fond, le mécanisme qui conduit à ces apparences géométriques est le même que celui qui amène la formation des berges rectilignes dans les rivières à courant rapide.

» La masse fluide d'une planète, tout en prenant part à une circulation générale, ne peut manquer d'éprouver des mouvements oscillatoires périodiques sous l'influence de la gravité. Ces mouvements superposés au premier impriment des vitesses inégales aux masses qui flottent à la surface et qui, en raison même de leur étendue, sont toujours plus ou moins entravées dans leurs déplacements. Ces différences de vitesses donnent lieu à de nouveaux frottements, et à des formations rectilignes de sens différents des premières. Étant donnée la variété des forces mises en jeu, nous ne devons pas nous étonner si les lignes demeurées visibles, après la soudure définitive, ne présentent pas une entière unité de plan, et ne se rattachent pas toutes à des groupes nettement définis. Le fait du parallélisme des sillons dans une région donnée indiquerait la prédominance de courants de même direction dans la masse liquide à l'époque où la consolidation superficielle s'est achevée. La présence simultanée de deux systèmes de rainures d'orientation différente révèle un changement systématique dans le sens des courants, changement analogue à ceux que nous voyons se produire quotidiennement sous l'action des marées.

» Portons notre attention sur la partie de l'écorce ainsi détachée de l'en-

semble par une cassure. Si elle a encore une certaine liberté dans ses mouvements, elle va s'éloigner à la dérive, élargissant par degrés la fente de séparation, qui finira par atteindre les proportions d'une vallée spacieuse. Que le mouvement vienne à être entravé nous aurons un canal plus ou moins large entre l'îlot et le continent principal. La surface de ce canal venant à se solidifier à son tour, il se transforme en une vallée à fond plat comprise entre deux berges escarpées.

» Cette explication convient particulièrement à la vallée des Alpes, dont la forme si nette a déjà conduit le professeur Suess à penser qu'il y avait eu déplacement latéral de certaines parties de l'écorce par rapport aux autres. Nous croyons avoir démontré que le phénomène dont nous venons d'indiquer la marche et les causes possède un caractère général et que les courants superficiels, favorisés par l'homogénéité relative de la masse de la Lune, ont amené l'apparition de tout un ensemble de formations rectilignes disposées sur un plan simple et encore reconnaissable à l'heure actuelle. On peut, croyons-nous, expliquer de la même manière les grandes fissures ouvertes en plaine, notamment Ariadœus et Hyginus. Il est même remarquable que ces fissures voisines de l'équateur coupent les méridiens à peu près à angle droit et que celles qui se rencontrent à des latitudes plus élevées tendent à devenir parallèles aux méridiens. Nous retrouverions ainsi la loi générale qui préside sur la Terre à la circulation des eaux marines.

» Les vues que nous venons d'émettre perdront évidemment de leur caractère hypothétique et prendront un intérêt plus grand à mesure qu'il sera possible de les soumettre à des vérifications plus nettes et plus nombreuses. Nous en signalerons deux, auxquelles l'emploi des clichés agrandis se prête particulièrement bien.

» Si les vallées rectilignes sont, comme nous l'avons admis, des soudures imparfaites provenant de cassures anciennes, elles forment nécessairement sur l'écorce solide des lignes de moindre résistance. Tout le long de ces lignes, les forces éruptives ou les agents d'érosion ont dû trouver des facilités particulières pour se faire jour. On s'explique ainsi les alignements fréquents de petits cratères, la présence habituelle sur le trajet des sillons d'entonnoirs sans rebord qui peuvent être considérés comme des points d'effondrement ou comme des orifices d'explosion.

» En second lieu, si les sillons rectilignes remontent, comme nous le croyons, à l'époque de la solidification superficielle, leur présence n'a pas dû être sans influence sur les formations ultérieures. Admettons qu'il se

produise, sous un point de la croûte déjà parvenue à une épaisseur plus grande, un abaissement de pression capable d'amener un effondrement. De tels changements ont pu survenir soit par le refroidissement progressif du globe lunaire, soit par le retrait consécutif à une violente éruption, soit par l'oscillation des marées intérieures. Dans une croûte homogène, l'effondrement embrasserait une aire à peu près circulaire, ayant pour centre le point où la pression tombe à sa valeur minima. Mais si la croûte présente des cassures antérieures et des lignes de moindre résistance, ces lignes serviront, dans bien des cas, de limite à la région affaissée. Or, après la forme régulièrement circulaire, la forme polygonale est celle qu'accusent le plus fréquemment les dépressions profondes de la surface lunaire. C'est ainsi que nous avons relevé de nombreux exemples de sillons rectilignes tangents au rempart extérieur des cirques. Cette circonstance paraît avoir joué un rôle essentiel dans la limitation des vastes enceintes désignées par les noms de Ptolémée, d'Albatégnius et d'Arzachel.

» Nous n'entreprendrons pas ici de discuter et de compléter les diverses théories proposées au sujet de ces formations curieuses. Les remarques précédentes suffiront, croyons-nous, pour montrer combien sont variées et instructives les indications que l'on peut recueillir dans les clichés lunaires de l'Observatoire de Paris. Notre projet est de les faire servir de base pour la construction d'une Carte générale à l'échelle de 1^{mm} pour 1800^{m}. Une Carte semblable serait précieuse, même au point de vue de l'étude de la Terre, en donnant la reproduction fidèle d'accidents qui ont sans doute eu leurs analogues sur notre globe, et qui ont trouvé sur la Lune des conditions plus favorables à leur conservation intégrale. »

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la manière dont se régularise au loin, en s'y réduisant à une houle simple, toute agitation confuse mais périodique des flots;* par M. **J. Boussinesq**.

« I. Imaginons qu'une série d'impulsions exercées en un même endroit de la nappe liquide [1] et à intervalles égaux, comme, par exemple, celles de solides alternativement immergés et sortis, ou d'un vent accompagné de tourbillons ou de rafales sensiblement périodiques, se prolonge assez pour engendrer et entretenir tout autour, dans la masse fluide, une agita-

[1] Voir le précédent *Compte rendu*, p. 15.

tion ayant la même période $2T$ que ces impulsions; et considérons l'agitation ainsi entretenue, non dans son lieu de naissance, mais quelque part assez loin pour qu'elle semble presque y venir de l'infini et la surface y avoir une de ses courbures nulle, c'est-à-dire une forme cylindrique. Il est naturel que le mouvement propagé dans une telle région soit réductible à des mouvements plus simples admettant sa période $2T$ et une progression analogue, c'est-à-dire soit décomposable en une infinité de systèmes de houles à demi-périodes sous-multiples de T, car celles-ci constituent évidemment le type idéal ou simple des mouvements de l'espèce considérée.

» Cela étant admis, si l'on se donne arbitrairement, sur une première section verticale $x = 0$ parallèle aux génératrices rectilignes de la surface, la dénivellation h de l'eau en fonction périodique de t, la série de Fourier appliquée au développement de cette fonction fera connaître les deux coefficients respectifs qu'y auront le cosinus et le sinus de chaque arc proportionnel à un multiple quelconque $\frac{i\pi t}{T}$ de $\frac{\pi t}{T}$; et la somme des deux termes de la série correspondants, mise sous la forme $H_i \cos\left(K_i - \frac{i\pi t}{T}\right)$, sera sur la section $x = 0$ l'expression de l'ordonnée h de la houle simple de demi-période $\frac{T}{i}$ entrant dans la composition de l'agitation complexe dont il s'agit. Par suite, en appelant T_i cette demi-période, ω_i et L_i la vitesse de propagation et la demi-longueur d'onde corrélatives, on déduira de la formule (7), pour le potentiel φ_i des vitesses dans la houle partielle considérée, vu la phase du mouvement indiquée à l'origine $x = 0$ par la constante K_i,

$$(16) \qquad \varphi_i = H_i \omega_i e^{-\pi\frac{z}{L_i}} \sin\left(K_i + \pi\frac{x}{L_i} - \pi\frac{t}{T_i}\right).$$

» La série n'aura pas de premier terme, indépendant de t, ou de période infinie, si l'agitation reste sans influence sensible aux très grandes profondeurs, comme nous l'admettons. Car la houle simple correspondant à ce terme, c'est-à-dire de période infinie et d'une vitesse ω de propagation infinie aussi, se ferait sentir jusqu'au fond, en y produisant des déplacements infiniment lents, il est vrai, de même que dans tout le fluide, mais aussi grands qu'à la surface libre, vu la lenteur alors infinie de variation de l'exponentielle $e^{-\pi\frac{z}{L}}$ avec z.

» D'ailleurs, la superposition de toutes les houles considérées, en tenant

compte pour chacune de sa lente diminution aux distances x croissantes, reproduira bien l'agitation effective, telle qu'elle a lieu non seulement sur la section $x = 0$, mais encore sur les sections plus éloignées du centre des ébranlements ou à abscisse x positive. Car les équations (3), (4), (5) du phénomène, même avec mise en compte des frottements, sont linéaires à une première approximation; et leurs intégrales générales se forment par addition d'intégrales plus simples. Donc, chaque système de vagues entrant, aux environs de la section $x = 0$, dans la composition de l'agitation donnée, se propage et s'affaiblit à partir de là *comme s'il était seul*.

» II. Les formules (14) et (15) nous permettent d'apprécier la manière dont s'atténueront et s'évanouiront ainsi successivement soit la plus longue de ces houles, celle de demi-période T, qu'on peut appeler la *houle fondamentale*, soit les autres, à périodes sous-multiples de 2T, et qu'on peut appeler les *harmoniques* de la houle fondamentale. Si α_1 désigne le coefficient d'extinction de celle-ci, et α_2, α_3, ..., ceux de ses harmoniques de période 2 fois, 3 fois, ..., plus courte, les exponentielles correspondantes $e^{-\alpha_1 x}$, $e^{-\alpha_2 x}$, $e^{-\alpha_3 x}$, ..., qui exprimeront, dans (14), à quelle fraction des hauteurs primitives $H_0 = H_i$ les diverses houles simples se trouvent réduites après le parcours x, seront respectivement, en appelant f la première d'entre elles, f, f^{2^5}, f^{3^5}, ..., c'est-à-dire f, f^{32}, f^{243}, ... Or ce sont, à l'exception de la première, des fractions extrêmement petites, dès que f est un peu moindre que 1. Par exemple, pour $f = \frac{3}{4}$, $f^{32} = 0,000100$; pour $f = \frac{7}{8}$, $f^{32} = 0,014$, etc. Ainsi, tout parcours x qui commence à atténuer, dans un rapport tant soit peu sensible, la houle fondamentale, annihile ou éteint presque ses harmoniques et suffit pour l'en débarrasser.

» La houle fondamentale jouit donc, comparée à ses harmoniques, d'une *longévité* qui lui assure sur elles une survivance presque infinie. C'est au point que le chemin x employé, durant la première partie de sa course, à la dégager du chaos primitif où elle a pris naissance, peut être considéré dans son parcours total comme une courte période préparatoire, et la disparition des harmoniques qui s'y produit, comme une rapide évolution de sa forme vers un type régulier et simple, qui persiste ensuite jusqu'à extinction à travers le lent et indéfini décroissement de la hauteur.

» On voit par quelle sorte de sélection naturelle, opérée sur un trajet de quelques centaines à un millier environ de kilomètres, il peut sortir du mélange confus des lames soulevées par une tempête, cette belle et majestueuse houle du calme que les marins ont assez souvent l'occasion d'observer.

» III. Il ne faut pas oublier toutefois que l'extinction d'une houle même fort courte exige, pour se produire, un parcours très supérieur à une longueur d'onde; de sorte qu'à chaque instant un grand nombre de vagues successives ont presque même hauteur, comme nous l'avons supposé en admettant une première approximation où les frottements sont négligeables. Cela résulte de la petitesse extrême du coefficient ε dans les mouvements bien continus.

» Par exemple, la hauteur n'est réduite de $\frac{1}{100}$ de sa valeur initiale H_0 que lorsqu'on a $e^{-\alpha x} = 0,99$, ou, à fort peu près, $\alpha x = 0,01$, c'est-à-dire encore, d'après le second membre de (15),

$$(17) \qquad \frac{x}{2L} = \frac{0,01}{2\alpha L} = (\text{environ})\ 171\, L\sqrt{L}.$$

» Ainsi, dans une houle, cependant bien courte, de 2^m de longueur d'onde, ou pour laquelle on a $L = 1$, chaque vague ne perd un centième de sa hauteur qu'après avoir parcouru 171 fois sa largeur complète. Autrement dit, il y a côte à côte plus de 170 vagues successives qui diffèrent en hauteur de moins de $\frac{1}{100}$. Et, dans une houle moins courte, il y en aurait plus encore, savoir, comme la puissance $\frac{3}{2}$ de la longueur d'onde.

» On pouvait donc bien négliger les frottements à une première approximation.

» Nous supposons néanmoins, dans tous ces calculs, que les vagues sont assez peu aiguës à leur sommet, ou d'une hauteur $2H$ assez faible comparativement à leur longueur $2L$, pour ne pas *déferler*. Car des déferlements même à peine sensibles, ou tendant seulement à s'accuser, entraîneraient des discontinuités de la masse fluide, avec production de mouvements tourbillonnaires qui changeraient beaucoup la nature du frottement et accroîtraient sa valeur dans d'énormes rapports. C'est ce qui arrive très souvent aux petites distances de la région où naissent les ondes, et alors leur décroissement est, par suite, bien plus rapide que ne l'indiquent les formules précédentes. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de zinc sur la résorcine.* Note de M. E. Grimaux.

« L'action du chlorure de zinc sur la résorcine en présence de divers corps a été souvent étudiée, mais on ne paraît pas avoir cherché quels sont

les produits que fournit le chlorure de zinc en agissant sur la résorcine seule. J'ai étudié cette réaction pour essayer d'obtenir le véritable éther résorcinique $OH-C^6H^4-O-C^6H^4-OH$, mais elle a fourni des résultats différents.

» Quand on chauffe parties égales de résorcine et de chlorure de zinc au bain d'huile, on constate que la réaction commence à se déclarer vers 130°; en maintenant le mélange pendant cinq à six heures à 135°-145°, on obtient, outre une grande quantité de résorcine (jusqu'à 50 pour 100) qui n'a pas réagi, des matières résineuses jaune-brun à fluorescence verte dans les alcalis, et en très petite quantité deux corps cristallisables, incolores, fondant l'un à 225°, l'autre à 261°.

» Pour les isoler, on opère de la façon suivante : on chauffe la masse avec son poids d'eau à l'ébullition, on laisse refroidir et l'on filtre. Cette solution, qui renferme la résorcine non attaquée et le chlorure de zinc, est fortement colorée en jaune. Abandonnée à elle-même, elle dépose spontanément, pendant plusieurs jours, des cristaux mélangés de matières résineuses qui s'attachent en grande partie aux parois du ballon. Après une semaine, quand ce dépôt n'augmente plus, on recueille les cristaux et on les purifie, par deux ou trois cristallisations, dans 100 parties d'eau bouillante en présence du noir animal; il se sépare, par le refroidissement, des aiguilles incolores ou faiblement colorées, se dissolvant dans les alcalis avec une fluorescence bleue, et fondant à 225°. On obtient de nouvelles quantités de ce corps en reprenant la résine, à cinq ou six reprises, par son poids d'eau bouillante, et purifiant le dépôt de la même manière.

» La résine insoluble dans l'eau est séchée et reprise par le toluène à l'ébullition, environ 50 parties. Le toluène, par refroidissement, dépose des cristaux durs que l'on purifie par des cristallisations dans 20 parties d'alcool à 50° bouillant, en présence de noir animal.

» Enfin, les portions insolubles dans l'eau et le toluène, qui forment la plus grande partie du produit de la réaction, constituent une poudre amorphe, brun-rouge, se dissolvant dans les alcalis en rouge-brun avec fluorescence verte intense. Ces substances paraissent identiques avec le corps obtenu par Barth et Weidell dans l'action à 180° de l'acide chlorhydrique sur la résorcine et appelé improprement *éther résorcinique*.

» *Corps fusible à* 225°. — Il est en petites aiguilles incolores, sublimables en aiguilles cotonneuses solubles dans l'alcool, l'acétone, peu solubles dans l'éther, se dissolvant dans 100 parties d'eau bouillante. Ses solutions

aqueuses froides présentent une fluorescence bleue qui augmente considérablement quand on le dissout dans les alcalis. La fluorescence de sa solution ammoniacale est encore visible à $\frac{1}{3000000}$. Il se dissout également avec fluorescence bleue dans l'acide sulfurique concentré. Sa solution aqueuse bouillante, additionnée d'eau de brome, fournit un précipité qui, purifié par recristallisation dans l'alcool à 50°, fond à 194° et se dissout dans les alcalis avec une fluorescence verte.

» Tous ces caractères, ainsi que l'analyse centésimale [1] identifient ce corps avec l'ombelliférone ou méthoxycoumarine $C^9H^6O^3$. Il ne s'en forme environ que 1 pour 100 de la résorcine mise en réaction. Ce faible rendement vient de ce que l'ombelliférone, chauffée avec de l'acide sulfurique ou le chlorure de zinc, se transforme en matières résineuses à fluorescence alcaline verte.

» La formation de l'ombelliférone explique le fait observé par Brunner, qui, en faisant réagir la nitrobenzine sur la résorcine en présence de chlorure de zinc, a observé la production d'un corps à fluorescence bleue qu'il n'a pas isolé, et dans la production duquel la nitrobenzine ne joue aucun rôle.

» *Corps fusible à* 261°. — Il est en petites aiguilles incolores, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'acétone, l'éther, se dissolvant à l'ébullition dans 20 parties d'alcool à 50°; et dans 100 parties de toluène. Il se sublime avec décomposition partielle en longues aiguilles ressemblant à celles de l'anhydride phtalique. Peu soluble dans l'ammoniaque, il se dissout dans la potasse, et ses solutions alcalines ne présentent aucune fluorescence.

» Il n'est pas coloré par le chlorure ferrique. Chauffé avec du chlorure de zinc ou de l'acide sulfurique, il se détruit avec formation de corps à fluorescence alcaline verte. Aussi ne se forme-t-il qu'en petite quantité : 5 à 6 pour 100 de la résorcine entrée en réaction.

» Chauffé avec de l'anhydride phtalique, il ne donne aucune réaction apparente, rien de comparable à la fluorescéine.

» L'analyse conduit à la formule $C^{24}H^{18}O^5$, qui représente l'union de

---

[1] Analyse :

	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Calculé $C^9H^6O^3$.
C...........	66,55	66,45	66,66
H...........	3,84	3,58	3,70

quatre molécules de résorcine avec élimination de trois molécules d'eau [1].

» Ce corps, qui se forme en trop petite quantité pour qu'on puisse en déterminer la constitution, ne me paraît pas prendre naissance par perte d'eau faite aux dépens des groupes OH de la résorcine, et constituer un éther résorcinique analogue aux alcools poly-éthyléniques, éther qui réagirait sur l'anhydride phtalique. Il me semble plutôt qu'une partie de l'hydrogène enlevé doit l'être au groupe C^6H^4. La même observation s'applique au corps décrit par Barth et Weidell, sous le nom d'*éther résorcinique*, et qui me semble devoir être représenté par un poids moléculaire très élevé. A l'appui de cette manière de voir, on doit signaler le fait observé par Barth et Weidell, qui, en oxydant leur éther résorcinique, ont obtenu de l'acide métaphtalique. La formation de cet acide porte à admettre, dans les produits de condensation de la résorcine, l'existence d'un groupe $C^6H^4 \begin{matrix} \diagup C^6 \\ \diagdown C^0 \end{matrix}$ en position méta. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison de l'énergie mise en œuvre par les muscles dans les cas de travail positif et de travail négatif correspondant ;* par M. **A. Chauveau.**

« Le *travail négatif* effectué par les muscles les échauffe toujours moins que le *travail positif :* c'est ce que les expériences dont j'ai exposé les résultats dans la dernière séance ne permettent plus de mettre en doute. Comment interpréter ce fait absolument établi? Est-il possible de démontrer qu'il est en parfaite harmonie avec nos connaissances sur le travail intérieur de la contraction musculaire et sur la valeur de l'énergie qu'elle mobilise, quand le muscle est employé au soulèvement et à l'abaissement des charges?

» L'inégalité d'échauffement dans les deux cas signalés et surtout la suprématie que possède, à cet égard, le travail positif surprennent quelque peu au premier abord; en effet, toute l'énergie mobilisée pour l'exécution du travail négatif se résout finalement en chaleur sensible, tandis que, avec le travail positif, une partie seulement de l'énergie qu'il met en jeu subit

---

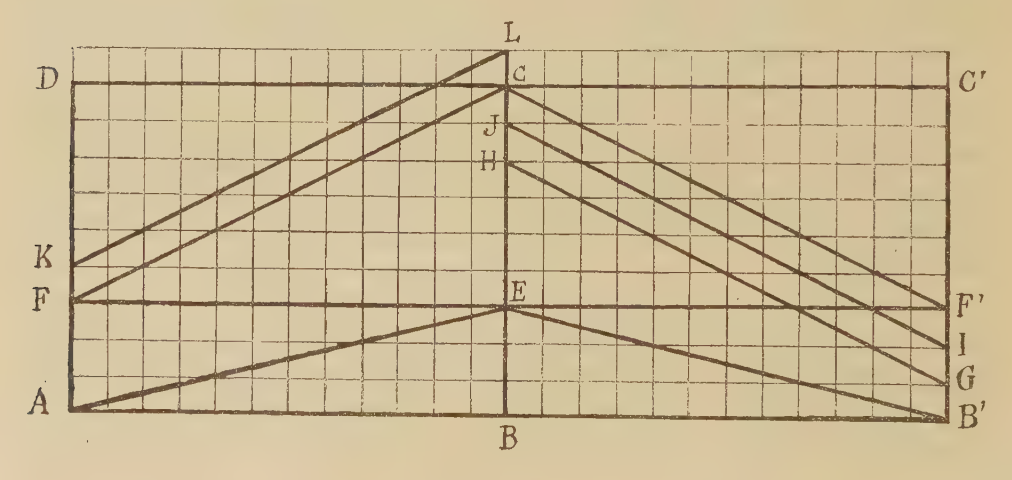
(1) Analyse :

	Trouvé.	Calculé $C^{24}H^{18}O^5$.
C........................	74,13	74,61
H........................	4,67	4,66

cette transformation, l'autre partie restant emmagasinée dans le travail mécanique accompli.

» Une seule interprétation est possible et s'impose inévitablement. On est forcé d'admettre que le travail négatif réclame l'emploi de moins d'énergie que le travail positif correspondant. Or, si le travail mécanique, quand il est négatif, entraîne une moindre dépense, c'est nécessairement parce qu'il exige moins de *travail intérieur* préalable, de ce travail intérieur que j'ai qualifié *travail physiologique* et que j'ai défini une *création d'élasticité active* dans laquelle s'absorbe temporairement toute l'énergie mise en œuvre. Expliquons-nous sur cette inégalité nécessaire du travail intérieur.

» *Exposition des conditions qui entraînent une différence d'activité du travail physiologique du muscle* (*création d'élasticité*) *suivant que le travail mécanique accompli par ce dernier est positif ou négatif.* — Pour suivre les développements que j'ai à donner à ce sujet, il convient d'avoir présent à l'esprit le résultat de mes démonstrations sur le cas simple de la *contraction* ou de l'*effort statique* employé au *soutien fixe* d'une charge, par un muscle plus ou moins raccourci pendant un temps plus ou moins long. Le travail physiologique, dans ce cas, équivaut au produit de la charge multipliée par le degré de raccourcissement musculaire et par la durée du soutien. Donc, en supposant qu'un muscle en plein relâchement se raccourcisse de A en F (voir la figure) pour soutenir une charge donnée, à la



hauteur F, pendant un temps déterminé, soit 24 secondes, la valeur du *travail physiologique* sera représentée par le parallélogramme AB'F'F. Ce serait le parallélogramme AB'C'D qui figurerait cette valeur si, dans le cas considéré, le raccourcissement musculaire se prononçait jusqu'en D.

» Envisageons maintenant, non plus cette *contraction* ou cet *effort statique*, mais bien une *contraction dynamique*, élevant ou abaissant successivement, sans interruption et avec régularité, la même charge qui était simplement soutenue tout à l'heure; dans cette nouvelle opération, de même durée que la première, le travail physiologique du muscle, considéré exclusivement *au point de vue du soutien de la charge*, prendra successivement toutes les valeurs intermédiaires entre zéro et la valeur attribuée au raccourcissement F. Sans doute, ce rôle d'agent d'équilibration n'est pas le seul qui soit rempli par le muscle; il faut compter aussi avec son rôle d'agent de transport. Mais la *fonction statique* de la *contraction dynamique* est un élément qu'on peut abstraire aisément. Admettons donc, pour un instant, que le soutien de la charge a été fugitivement fixe en chacune des positions éphémères qu'elle prend dans le mouvement uniforme qui l'entraîne. La valeur du travail physiologique accompli par le muscle serait alors égale à la moitié de celle du travail physiologique qu'exige le soutien fixe *vrai* (contraction statique) à la hauteur où la charge est soulevée et d'où elle descend, pendant le travail mécanique, positif ou négatif.

» La partie inférieure de notre construction graphique donne du fait une représentation schématique très claire qui me dispense d'insister. Dans cette figure, la somme des triangles ABE (*soutien à la montée*) et BB'E (*soutien à la descente*) est égale à la moitié de l'aire AB'F'F (*soutien à hauteur fixe*).

» Considérons maintenant le phénomène dans son ensemble, sans en retrancher l'élément *soulèvement* ou *abaissement* de la charge. Nous nous rendons parfaitement compte que la valeur du travail physiologique nécessité par l'équilibration de cette charge subit, du fait du déplacement vertical de la masse, une importante modification. Celle-ci se produit nécessairement en sens inverse, suivant que le travail extérieur est positif ou négatif. Ainsi, pendant le *travail positif*, à la résistance que le muscle oppose à la charge pour l'équilibrer s'ajoute l'effort qu'exige le soulèvement du poids. Pendant le *travail négatif*, au contraire, non seulement cet effort n'a pas à intervenir, mais il compte en moins, parce que la charge, en descendant, allège d'autant la résistance qne le muscle consacre au soutien ou à l'équilibration de cette charge. Le fait est représenté graphiquement par certains détails de la figure, interprétés ci-après.

» On a supposé que, dans le cas de *travail positif*, le parallélogramme très allongé FCLK représente la valeur conventionnelle du travail physio-

logique répondant à l'effort qui opère le soulèvement de la charge, de la hauteur F à la hauteur D. Par conséquent, ce parallélogramme s'ajoute au trapèze ABCF et agrandit d'autant l'aire qui figure la valeur totale du travail physiologique, laquelle devient alors ABLK.

» Dans le cas de *travail négatif*, au contraire, le parallélogramme de même forme et de même valeur IF′CJ doit être retranché du trapèze qui figure le travail physiologique théoriquement nécessaire au soutien simple de la charge. L'aire représentative du travail physiologique réel se trouve ainsi réduite au trapèze BB′IJ.

» *Comparaison des processus chimiques qui interviennent dans l'accomplissement du travail positif et du travail négatif correspondant.* — Les aires ABLK et BB′IJ, qui figurent la valeur de travail physiologique, partant celle de l'énergie mise en œuvre par ledit travail, représentent-elles également la valeur du processus chimique, qui est la source habituelle de cette énergie? Les faits autorisent à répondre : oui, pour ce qui concerne le travail de soulèvement des charges; non, pour celui de l'abaissement. En effet, dans ce dernier cas, il y a du travail mécanique détruit. Avant de disparaître, c'est-à-dire de se transformer en chaleur résiduelle, il concourt à fournir la force qu'exige la création de l'élasticité musculaire qui soutient la charge à la descente. Il représente ainsi une certaine somme d'énergie immédiatement disponible qui épargne nécessairement une partie de l'énergie chimique d'où la contraction musculaire tire la force nécessaire à sa production.

» Donc, pour figurer graphiquement la dépense chimique dans les deux cas considérés, il faut donner à celle du travail négatif la valeur de l'aire BB′GH, c'est-à-dire l'aire qui représente le travail physiologique, diminuée de la bande GIJH figurant la valeur du travail mécanique détruit. Quant à la dépense chimique qui est faite par le travail positif, elle reste proportionnelle au travail physiologique lui-même, c'est-à-dire à l'aire du grand trapèze ABLK.

» *Conséquences des résultats de la comparaison précédente relativement à la valeur proportionnelle des échanges respiratoires dans les cas de travail positif et de travail négatif.* — Une démonstration saisissante des vues qui viennent d'être exposées est donnée par l'étude des échanges respiratoires. Étant admis que le processus chimique, source du travail physiologique, est, au moins dans ses résultats finaux, un processus de combustion, il s'ensuit que les coefficients respiratoires doivent se montrer exactement proportionnels à la valeur du processus chimique telle que nous venons de la

déterminer, et non pas à celle du processus physiologique. C'est, en effet, ce que l'expérience démontre. Mais ce point mérite d'être traité à part.

» *Confirmation des propositions ci-devant formulées par leur accord avec la marche du processus thermogénétique, dans tous les cas d'effort statique ou dynamique effectué par le muscle.* — Nous pouvons nous expliquer maintenant en pleine connaissance de cause les caractères de l'échauffement musculaire, tels qu'ils ont été constatés dans mes diverses expériences. L'harmonie est telle entre les prévisions théoriques et les réalisations pratiques qu'on s'étonne même de la trouver aussi complète, étant donnée la grande imperfection des conditions et des moyens expérimentaux utilisés dans les recherches.

» Cette harmonie se révèle parfaitement dans les chiffres que je vais rappeler. Ils ont une signification d'autant plus saisissante que, à l'époque où ils ont été recueillis, j'étais influencé par les idées courantes à l'encontre desquelles allaient les résultats que je constatais dans mes expériences : ce qui ne m'a pas empêché de publier ces chiffres comme s'ils eussent satisfait à toutes mes préoccupations théoriques du moment.

» A. Il est à peine besoin de parler de ceux qui se rapportent à la comparaison de l'échauffement dans le cas de *travail positif* et de *travail négatif*. C'est seulement pour mémoire que je les fais figurer à cette place. Je n'ai plus rien à en dire, sinon pour rappeler que c'est justement la répétition persistante des résultats représentés par ces chiffres qui m'a suggéré la rectification que j'apporte à ma conception systématique de l'énergétique du système musculaire. D'après les nouveaux principes que je fais intervenir, le travail négatif *doit* être moins thermogène que le travail positif. Et, en effet, il en est sûrement ainsi, puisque les trois séries d'expériences rapportées, tant dans ma dernière Communication que dans mon Livre (p. 169), ont donné les résultats suivants :

	A. Échauffement dans le cas de travail négatif.	B. Échauffement dans le cas de travail positif.	C. Différence (B — A).	D. Quotient $\left(\frac{A}{B}\right)$.
	o	o	o	
Première série.....	0,095	0,108	—0,013	0,88
Deuxième série.....	0,093	0,121	—0,028	0,77
Troisième série.....	0,239	0,310	—0,071	0,77

» B. Voici maintenant le *cas de l'effort dynamique total sans travail extérieur* (*effet de la montée neutralisé par celui de la descente*), en *comparaison avec l'effort statique* (*soutien fixe de la charge dans les deux positions répon-*

dant au point de départ et au point d'arrivée). La théorie indique que l'échauffement, dans le premier cas, *doit* être inférieur à la moyenne des deux échauffements dans le deuxième cas. Or, les faits répondent parfaitement aux prévisions théoriques. En effet, on trouve, page 152 de mon Livre, les chiffres qui suivent pour l'échauffement respectif du muscle biceps dans les deux cas comparés :

a. Soutien fixe à -40°	$0^{\circ},075$
b. Soutien fixe à $+20^{\circ}$	0,200
c. Moyenne $\left(\frac{a+b}{2}\right)$	0,138
d. Montée et descente entre -40° et $+20^{\circ}$	0,120
e. Différence entre *c* et *d*	0,018
f. Rapport de *d* à *c*	0,87

» C. Enfin se présente le *cas de l'effort dynamique employé à faire du travail mécanique positif, en comparaison avec le cas des efforts statiques correspondants*. D'après les principes ci-devant exposés, l'échauffement *doit* être, dans le premier cas, exactement la moyenne des deux échauffements constatés dans le second. Ici encore les faits observés sont en accord avec les faits prévus, comme le démontrent les résultats relatés à la page 168 du Livre :

a. Soutien fixe à -40°	$0^{\circ},126$
b. Soutien fixe à $+20^{\circ}$	0,238
c. Moyenne $\left(\frac{a+b}{2}\right)$	0,182
d. Soulèvement de -40° à $+20^{\circ}$	0,183

» Il serait difficile de trouver une plus parfaite égalité. Cette perfection n'est sûrement, comme je l'ai déjà fait remarquer dans mon Livre, qu'une rencontre accidentelle. On aurait tort d'y compter et de la rechercher avec les procédés imparfaits auxquels j'ai dû avoir recours. Mais elle n'en est que plus démonstrative, quand on est assuré d'avoir expérimenté d'une manière irréprochable.

» *En résumé*, le *travail négatif* met en œuvre moins d'énergie que le *travail positif*, parce que l'effort musculaire qu'exige celui-ci est plus considérable.

» Dans le cas de *travail positif*, le muscle emprunte l'énergie avec laquelle il crée son élasticité physiologique, essence même de la contraction musculaire, exclusivement aux processus chimiques, qui deviennent alors plus actifs dans le tissu du muscle.

» Dans le cas de *travail négatif*, une partie de cette énergie est fournie par le travail mécanique détruit. Mais ce travail avait eu lui-même pour origine le métabolisme chimique du muscle, au moment du soulèvement de la charge.

» Ces propositions ne changent rien aux principes fondamentaux que j'ai établis, sur le mécanisme du travail musculaire. Elles mettent seulement au point quelques détails qui étaient restés indécis, faute de données précises sur la valeur de l'énergie originelle et du travail intérieur avec lesquels le muscle effectue le travail mécanique extérieur.

» En somme, l'élasticité musculaire créée dans le cas de contraction dynamique, pour le soulèvement d'une charge, a deux rôles à remplir : 1° équilibrer la charge dans toutes les positions qu'elle prend ; 2° la faire passer d'une position à une autre. La valeur de l'énergie consacrée au premier rôle est toujours la moitié de celle qui est nécessaire au soutien fixe de la charge à la hauteur maxima où celle-ci est soulevée par la contraction dynamique : $\frac{\textit{Énergie statique}}{2}$. Il s'y ajoute nécessairement l'énergie qui provoque le passage de la charge d'une position à une autre, c'est-à-dire la valeur même du travail mécanique accompli.

» Dans le cas de *travail négatif*, la même distinction s'impose ; mais elle entraîne des conséquences inverses. La dépense théorique de l'énergie consacrée au soutien de la charge, dans toutes les positions prises par cette charge, est toujours comme ci-dessus : $\frac{\textit{Énergie statique}}{2}$; mais il faut retrancher de cette dépense théorique la valeur du travail mécanique ; en se détruisant, en effet, il allège d'autant l'effort que le muscle effectue pour résister à la traction de la charge et en opérer le soutien.

» Toutes les déterminations d'échauffement final, y compris celles qui figurent déjà dans mon Livre, sont en accord avec ces propositions. Il en est de même des déterminations relatives au processus des combustions, sources de l'énergie, qui seront examinées à part. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Loi de la distribution du magnétisme moyen à la surface du globe*. Note de M. le général **Alexis de Tillo**.

« La loi de la distribution du magnétisme moyen à la surface du globe se réduit à une formule très simple : c'est celle que donnerait un aimant

situé au centre de la Terre et dont l'axe coïnciderait avec l'axe de rotation du globe.

» Soient φ la latitude; H la force horizontale; V le potentiel magnétique; Z la force verticale; J l'inclinaison et T la force magnétique totale. Pour calculer tous les éléments du magnétisme moyen, d'après cette loi, nous avons les formules

$$H = H_0 \cos\varphi,$$

$$V = H_0 \sin\varphi,$$

$$Z = 2V,$$

$$\operatorname{tang} J = 2 \operatorname{tang}\varphi,$$

$$T = \frac{H}{\cos J} = \frac{Z}{\sin J}.$$

» *La constante* H_0, *qui rend les écarts entre les observations et la théorie aussi petits que possible, est égale à* 0,328 *dynes*.

» Le Tableau A contient les éléments magnétiques moyens, obtenus d'après la théorie, au moyen de $H_0 = 0{,}328$ C.G.S.

Tableau A. — *Éléments magnétiques moyens d'après la théorie. Unités électriques.*

Latitudes.	H.	V.	Z.	J.	T.
90°	0,000	0,328	0,656	90°,0	0,656
80	0,057	0,323	0,646	85,0	0,651
70	0,112	0,308	0,616	79,7	0,624
60	0,164	0,284	0,568	73,9	0,591
50	0,210	0,251	0,502	67,2	0,543
40	0,251	0,210	0,420	59,2	0,490
30	0,284	0,164	0,328	49,1	0,434
20	0,308	0,112	0,224	36,0	0,381
10	0,323	0,057	0,114	19,4	0,342
0	0,328	0,000	0,000	00,0	0,328

» Dans les Tableaux B et C, je donne : dans les premières colonnes, les valeurs moyennes des éléments pour l'époque 1859, d'après les Cartes magnétiques (1829, 1842, 1880, 1885); dans les secondes colonnes, les différences entre les valeurs données par la théorie et les valeurs observées. Pour les latitudes 90° N., 80° et 90° S., j'ai dû naturellement recourir à l'extrapolation.

TABLEAUX DES ÉLÉMENTS MAGNÉTIQUES MOYENS OBSERVÉS : H_c, V_c, Z_c, J_c, T_c, ET DES DIFFÉRENCES ENTRE LA THÉORIE ET LES CARTES : $H - H_c$, $V - V_c$, $Z - Z_c$, $J - J_c$, $T - T_c$, POUR L'ÉPOQUE 1859.

TABLEAU B. — *Force horizontale, potentiel et force verticale. Unités électriques.*

Latitudes.	H_c.	$H - H_c$.	V_c.	$V - V_c$.	Z_c.	$Z - Z_c$.
90° N	0,000	±0,000	0,320	+0,008	0,630	+0,026
80 N	0,044	+0,013	0,307	+0,016	0,603	+0,043
70 N	0,092	+0,020	0,291	+0,017	0,571	+0,045
60 N	0,140	+0,024	0,274	+0,010	0,546	+0,022
50 N	0,192	+0,018	0,247	+0,004	0,501	+0,001
40 N	0,244	+0,007	0,211	—0,001	0,334	—0,014
30 N	0,291	—0,007	0,165	—0,001	0,444	—0,016
20 N	0,324	—0,016	0,112	±0,000	0,231	—0,007
10 N	0,343	—0,020	0,054	+0,003	0,107	+0,007
Équateur	0,339	—0,011	—0,003	+0,003	—0,016	+0,016
10 S	0,323	+0,000	—0,060	+0,003	—0,133	+0,019
20 S	0,297	+0,011	—0,111	—0,001	—0,235	+0,011
30 S	0,267	+0,017	—0,160	—0,004	—0,324	—0,004
40 S	0,238	+0,013	—0,203	—0,007	—0,402	—0,018
50 S	0,209	+0,001	—0,241	—0,010	—0,472	—0,030
60 S	0,177	—0,013	—0,275	—0,009	—0,533	—0,035
70 S	0,135	—0,023	—0,308	±0,000	—0,608	—0,008
80 S	0,093	—0,036	—0,327	+0,004	—0,655	+0,009
90 S	0,050	—0,050	—0,340	+0,012	—0,690	+0,034

TABLEAU C. — *Inclinaison et force totale.*

Latitudes.	J_c.	$J - J_c$.	T_c.	$T - T_c$.
90° N	88°,0	+2°,0	0,590	+0,066
80 N	84,0	+1,0	0,574	+0,077
70 N	80,7	—1,0	0,579	+0,045
60 N	75,3	—1,4	0,565	+0,026
50 N	68,6	—1,4	0,540	+0,003
40 N	60,1	—0,9	0,501	—0,011
30 N	49,0	+0,1	0,455	—0,021
20 N	34,5	+1,5	0,406	—0,025
10 N	16,8	+2,6	0,370	—0,028
Équateur	— 2,4	+2,4	0,353	—0,025
10 S	—20,7	+1,3	0,361	—0,019
20 S	—36,2	+0,2	0,389	—0,008
30 S	—48,2	—0,9	0,426	+0,008

Latitudes.	J_c.	$J - J_c$.	T_c.	$T - T_c$.
40° S	−57°,2	−2°,0	0,474	+0,016
50 S	−64,5	−2,7	0,522	+0,021
60 S	−70,4	−3,5	0,568	+0,023
70 S	−75,6	−4,1	0,605	+0,019
80 S	−78,8	−6,2	0,622	+0,029
90 S	−85,0	−5,0	0,640	+0,016

» Sans nous occuper, pour le moment, du caractère un peu systématique des écarts, nous pouvons considérer que la répartition des éléments moyens ou permanents du magnétisme à la surface du globe a lieu, en général, d'après le système du Tableau A qui a été construit uniquement suivant les formules (¹)

$$H - H_c = \pm 0{,}016 \text{ C.G.S.},$$
$$V - V_c = \pm 0{,}006 \text{ C.G.S.},$$
$$Z - Z_c = \pm 0{,}019 \text{ C.G.S.},$$
$$T - T_c = \pm 0{,}026 \text{ C.G.S.},$$
$$J - J_c = \pm 2^\circ{,}1. \text{ »}$$

PHYSIQUE. — *Volumes des sels dans leurs dissolutions aqueuses.* Note de M. Lecoq de Boisbaudran.

« La dilatation qu'éprouvent le chlorhydrate d'ammoniaque et d'autres sels ammoniacaux quand on les dissout dans l'eau, à la température ordinaire, paraît être souvent considérée comme une sorte d'anomalie due à une constitution spéciale de ces composés.

» Ne pourrait-on cependant pas placer tout simplement AzH^4Cl et ses congénères, à l'extrémité supérieure d'une série continue dont l'extrémité inférieure serait occupée par les sels donnant les plus grandes contractions?

» Je suis tenté de croire que les changements de volume qui accompagnent la dissolution des sels dépendent principalement : 1° de la dilatation (²) qui résulterait de la fusion du sel sans décomposition et à la

(¹) En ce qui concerne la déclinaison moyenne, voir *Comptes rendus*, t. CXIX, n° 15, et *Pet. Mit.*, 12; 1894.

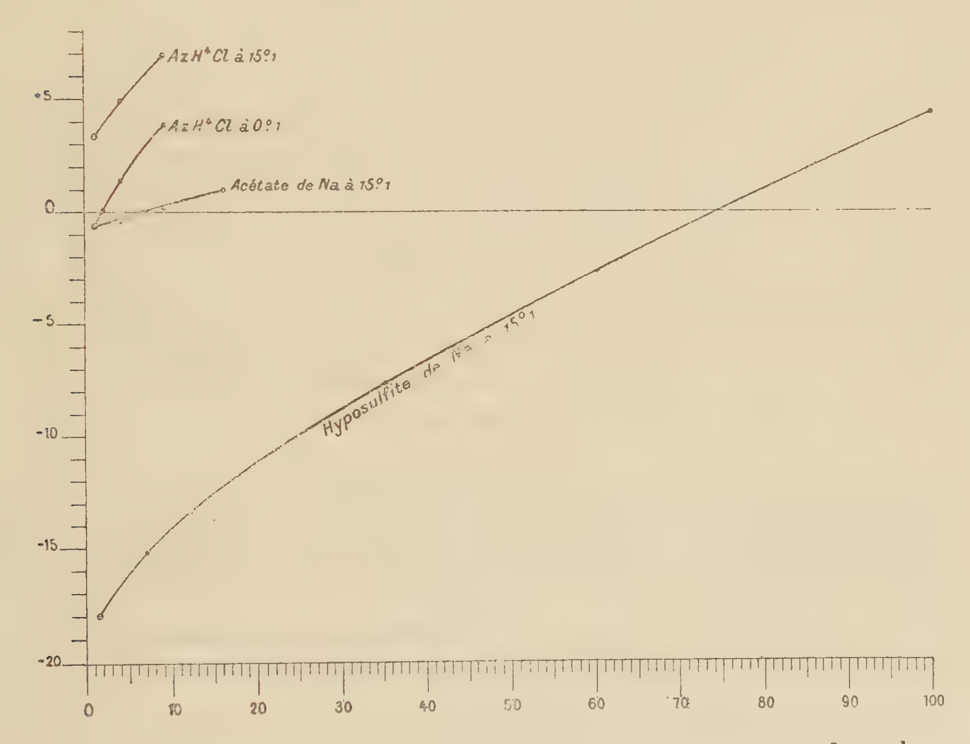
(²) Si le corps fondait en se contractant (comme la glace), l'ordonnée correspondant à la fusion serait négative, mais le raisonnement ne changerait pas.

température de l'expérience ; 2° de la contraction provenant de la combinaison du sel avec le dissolvant, combinaison de plus en plus avancée à mesure qu'on dilue davantage ou qu'on abaisse la température.

» Le AzH⁴Cl produit bien toujours une dilatation par dissolution dans l'eau à $+15°$; mais, à 0°, il y a déjà une petite contraction pour les liqueurs très étendues.

» Ce qui se passe avec AzH⁴Cl très étendu, se passe aussi avec les solutions concentrées de sels placés fort loin de AzH⁴Cl dans la série continue. Ainsi, l'hyposulfite de soude, qui se contracte énormément à 15° en solution étendue, se dilate en solution très concentrée, comme le fait AzH⁴Cl très étendu. On peut rarement suivre un sel depuis sa solution étendue jusqu'à sa fusion. L'hyposulfite se prête à cette observation, car il reste en surfusion, même bien au-dessous de 0°.

» Dans la figure ci-jointe, les abscisses sont proportionnelles aux quantités de sels contenues dans 100 parties (en poids) des solutions. Les or-



données représentent les tant pour cent des changements de volumes rapportés aux volumes des sels solides à la température de l'expérience.

» L'inclinaison des courbes, à leurs origines, est très variable : elle est

presque égale, pour AzH^4Cl et pour l'hyposulfite, à 15°,1. La courbe de AzH^4Cl s'élève plus rapidement à 0°,1 qu'à 15°,1, ce qui s'accorde avec les observations de Marignac.

» On remarquera combien le changement de volume de l'hyposulfite est considérable depuis la solution à $\frac{4,5}{100}$ jusqu'au sel fondu seul.

» Mesures expérimentales employées pour tracer les courbes :

	Parties de sel dans 100 de solution.	Changements de volume pour 100 et rapportés au volume du sel solide.
Hyposulfite de $Na(Na^2S^2O^3 + 5Aq)$ à 15°,1. Densité = 1,752 à 15°.	1,5.	−17,97
	7...	−15,09
	12...	−13,35
	35...	− 7,68
	60...	− 2,74
	85...	+ 2,00
	100...	+ 4,54

	Parties de sel dans 100 de solution.	Changements de volume pour 100 et rapportés au volume du sel solide.
Acétate de $Na(NaC^2H^3O^2 + 3Aq)$ à 15°,1. Densité = 1,449 à 15°.	1.....	−0,56
	4.....	−0,38
	9.....	+0,21
	16.....	+0,95

		Densité 1,50 à 15°.	Densité 1,52 à 15°.
AzH^4Cl à 15°,1.	1...	+3,37	+3,41
	4...	+4,90	+4,96
	9...	+6,90	+6,99

	Densité 1,50 à 15°.	Densité 1,52 à 15°.
1...	−0,62	−0,62
2...	+0,07	+0,07
4...	+1,40	+1,42
9...	+3,95	+4,00

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la diphénylanthrone.* Note de MM. A. HALLER et A. GUYOT.

« Parmi les produits de la réaction du dichlorure d'orthophtalyle sur le benzène, en présence du chlorure d'aluminium, nous avons trouvé, outre le diphénylphtalide, un composé non saponifiable par la potasse alcoolique et dont la composition répond à la formule brute $C^{26}H^{18}O$. Un corps semblable avait déjà été obtenu par M. Bæyer, en condensant du phényloxanthronol avec du benzène par l'intermédiaire de l'acide sulfurique concentré [1]. L'auteur s'est borné à signaler ce dérivé, sans en donner les constantes physiques ni la formule de constitution.

» Le faible rendement obtenu dans la réaction signalée plus haut nous

[1] *Annalen der Chemie*, t. CCII, p. 65.

a conduit à penser que la formation de ce corps pouvait être due à la présence, dans le chlorure de phtalyle, de petites quantités de tétrachlorures de phtalyle composés qui, ainsi qu'on le sait, possèdent un point d'ébullition se rapprochant de celui du dichlorure. Cette supposition nous paraissait d'autant plus fondée que dans la préparation du vert phtalique au moyen du dichlorure et de la diméthylaniline, les rendements sont également très faibles, sinon insignifiants.

» Le tétrachlorure de phtalyle existe sous deux modifications, dont l'une fond à 88° et l'autre vers 48°. Ces deux chlorures se forment simultanément dans l'action du perchlorure de phosphore sur le dichlorure de phtalyle. On admet que l'un de ces tétrachlorures possède la formule symétrique I et l'autre la formule dissymétrique II.

$$\underbrace{C^6H^4\langle{}^{CCl^2}_{CCl^2}\rangle O}_{\text{I.}}, \qquad \underbrace{C^6H^4\langle{}^{CCl^3}_{COCl}}_{\text{II.}}$$

» On ne donne toutefois aucune preuve à l'appui de cette manière de voir, et l'on ne précise pas auquel des deux tétrachlorures appartient la formule dissymétrique. Nous verrons dans la suite que nous sommes autorisés à attribuer cette dernière formule au chlorure fondant à 88°.

» *a*. Si l'on dissout 1 partie de ce tétrachlorure dans 4 parties de benzène pur et exempt de thiophène, et qu'on ajoute peu à peu, à la dissolution maintenue à 40°, 3 parties et demie de chlorure d'aluminium anhydre et finement pulvérisé, on obtient, après avoir chauffé une heure environ, un liquide coloré qu'on étend d'eau. La solution benzénique est ensuite décantée, puis partiellement décolorée au charbon animal et soumise à l'évaporation. La masse visqueuse et noirâtre qui reste est dissoute dans l'acide acétique cristallisable bouillant et la liqueur est de nouveau traitée par le noir. Après une série de traitements, on obtient enfin un produit cristallisé et blanc, identique avec celui qui se forme en petites quantités dans la réaction du dichlorure de phtalyle sur le benzène.

» Le rendement ne dépasse pas 40 pour 100 du rendement théorique.

» Pour peu qu'on modifie les proportions indiquées plus haut, on obtient d'autres produits. Ainsi l'emploi d'une quantité de chlorure d'aluminium deux et trois fois plus faible, donne lieu à la formation de phényloxanthranol et d'anthraquinone. Tous ces produits, y compris la diphényl-

anthrone, prennent naissance suivant les équations

I.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CCl^3\\ COCl\end{matrix}\right. + 2C^6H^6 = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\overset{Cl}{\overset{|}{C}}\diagup C^6H^5\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + 3HCl.$$

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\overset{Cl}{\overset{|}{C}}\diagup C^6H^5\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + H^2O = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}HO\diagdown C\diagup C^6H^5\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + HCl.$$

Phényloxanthranol.

II.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CCl^3\\ COCl\end{matrix}\right. + C^6H^6 = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CCl^2\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + 2HCl.$$

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C{=}Cl^2\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + H^2O = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + 2HCl.$$

Anthraquinone.

III.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}Cl^2\\ Cl\end{matrix}\right.\\ COCl\end{matrix}\right. + 3HCl = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}C^6H^5\\ C^6H^5\end{matrix}\right.\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 + 4HCl.$$

Diphénylanthrone.

» A moins d'admettre des transpositions moléculaires, la formation de ces composés ne peut s'expliquer avec la formule symétrique du tétrachlorure de phtalyle.

» Il reste maintenant à démontrer que le composé $C^{26}H^{18}O$ a bien la constitution d'une diphénylanthrone.

» *b*. Son mode de formation au moyen du phényloxanthranol et de la benzine permet déjà de lui assigner la formule adoptée, si l'on attribue au phényloxanthranol la constitution

$$\underbrace{C^6H^4\left\langle\begin{matrix}HO\diagdown C\diagup C^6H^5\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4}_{\text{Phényloxanthranol.}} + C^6H^6 = \underbrace{C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C^6H^5\diagdown C\diagup C^6H^5\\ CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4}_{\text{Diphénylanthrone.}} + H^2O.$$

» Nous avons donc répété l'expérience de M. Bæyer et avons en effet obtenu de petites quantités d'un composé possédant le même point de fusion que notre propre dérivé.

» *c*. Un autre mode de formation du composé $C^{26}H^{18}O$ consiste à partir du chlorure de phényloxanthranol, qui nous paraît inconnu jusqu'à présent, et que nous avons préparé en chauffant à 140°-150°, un mélange à molécules égales de perchlorure de phosphore et de diphénylphtalide.

Ce composé, quand il est pur, se présente sous la forme de prismes blancs, fondant à 164° (non corrigé), et donne quantitativement du phényloxanthranol, quand on le fait bouillir avec de l'eau.

» Si l'on chauffe sa solution benzénique à 50°, avec du chlorure d'aluminium anhydre, on obtient, après un traitement approprié, la diphénylanthrone avec tous ses caractères spécifiques. La formation de ce dérivé, dans ces conditions, se traduit par l'équation

$$C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} Cl \diagdown C \diagup C^6H^5 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4 + C^6H^6 = C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} C^6H^5 \diagdown C \diagup C^6H^5 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4 + HCl.$$

» *d*. Enfin, un quatrième mode de préparation de ce dérivé vient à l'appui de notre manière d'envisager sa constitution.

» Il consiste à traiter une dissolution de dichlorure d'anthraquinone, ou dichloranthrone, dans le benzène, par le chlorure d'aluminium

$$C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} CCl^2 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4 + 2C^6H^6 = C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} C^6H^5 \diagdown C \diagup C^6H^5 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4.$$

» Quand elle se dépose au sein d'une solution bouillante d'acide acétique cristallisable, la diphénylanthrone, quel que soit son mode de formation, se présente sous la forme de belles aiguilles incolores, très brillantes, fondant à 192°. Elle est insoluble dans l'eau; très peu soluble, même à chaud, dans l'alcool, l'éther et la ligroïne; soluble dans la benzine et l'acide acétique cristallisable bouillants.

» Le poids moléculaire de ce composé, déterminé par la méthode cryoscopique, a donné des chiffres variant avec la concentration, entre 320 et 335, le poids moléculaire véritable étant 346.

» Bien que contenant un groupe CO, la diphénylanthrone ne se combine ni avec la phénylhydrazine, ni avec l'hydroxylamine.

» Notre composé n'est pas le seul dérivé disubstitué connu du corps hypothétique $C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} CH^2 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4$, appelé *dihydranthrone* par M. Liebermann. Une diéthylanthrone à laquelle son auteur, M. F. Goldmann [1], attribue également la formule

$$C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} C^2H^5 \diagdown C \diagup C^2H^5 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C^6H^4$$

---

[1] *Berichte der deutsch. chem. Ges.*, t. XIII, p. 417.

a été décrite. Elle prend toutefois naissance dans des conditions tout autres que le dérivé diphénylé, et s'obtient en traitant de l'anthranol par de la potasse caustique et de l'iodure d'éthyle ([1]).

» Les recherches que nous venons d'exposer montrent :

» 1° Que le composé $C^{26}H^{18}O$, obtenu par les différents procédés énumérés, peut être considéré comme de la diphénylanthrone;

» 2° Que la constitution de ce corps étant établie, on est autorisé à attribuer au tétrachlorure de phtalyle, fondant à 88°, un schéma qui en fait une molécule dissymétrique;

» 3° Que le dichlorure de phtalyle renferme du tétrachlorure.

» Nous continuons cette étude et nous montrerons, dans une prochaine Communication, la façon dont se comporte le tétrachlorure de phtalyle vis-à-vis des amines aromatiques substituées et des phénols.

» Nous nous proposons également de soumettre à la même étude le tétrachlorure fondant à 48°. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Une nouvelle glande lymphatique chez le Scorpion d'Europe.* Note de M. A. **Kowalewsky**.

« On sait que M. Blanchard a découvert une glande lymphatique chez les Scorpions, glande qui, sous la forme d'un petit tronc cellulaire, recouvre la chaîne ganglionnaire presque dans toute la longueur de l'abdomen. Cette glande a été plus récemment décrite, avec plus de détails, par M. Cuénot et par moi-même. En faisant des expériences sur la propriété phagocytaire de cette glande, j'avais remarqué déjà, depuis quelques années, qu'il existe encore une autre glande qui possède la même propriété que la glande lymphatique de Blanchard, d'absorber les substances solides et les bactéries introduites dans la cavité du corps du *Scorpio europœus* L.

» En effet, si l'on introduit, dans la cavité du corps de ce Scorpion, du noir de seiche ou du carmin en poudre, on voit, après quelque temps, que non seulement la glande lymphatique de Blanchard est devenue noire ou rouge, selon la substance introduite, mais qu'il y a encore deux troncs, disposés symétriquement des deux côtés du corps, entre la glande lymphatique et les conduits de glandes génitales, qui ont pris la même coloration; ces deux troncs ont donc aussi la propriété phagocytaire. J'ai fait

([1]) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, t. XVIII, p. 1176.

des expériences avec les bactéries, le carmin, le noir de la seiche, le sperme des poissons, les sels de fer, et, dans tous les cas, j'ai trouvé que ces deux troncs possédaient la propriété phagocytaire et absorbaient les bactéries et les poudres, et en général toutes les substances solides.

» En ce qui concerne les rapports de ces deux troncs ou glandes, que j'appellerai *lymphoïdes*, pour les distinguer de la glande lymphatique déjà connue, et à cause de quelques particularités de leurs fonctions dont je parlerai plus tard.

» Ces glandes sont de longueur différente chez les différents individus; quelquefois elles sont plus larges et courtes, d'autres fois plus longues et minces; ordinairement elles atteignent la région postérieure du second segment abdominal; par leur bout antérieur, elles sont attachées au diaphragme qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdominale, et leurs bouts postérieurs flottent librement dans la cavité abdominale du corps.

» Ces glandes possèdent un lumen plus ou moins développé; tantôt ce sont de vraies glandes tubulaires, tantôt tout l'intérieur de la glande est rempli par des leucocytes ou par des substances que ces glandes ont absorbé et, dans ce cas, il ne reste plus qu'un petit espace libre qui communique avec la cavité thoracique du corps. Le lumen de cette glande est donc en communication avec la cavité cœlomatique thoracique. Les parois sont constituées par des cellules qui commencent à la limite du diaphragme et se prolongent jusqu'au bout de l'organe. Ces cellules constituent les parois de la glande comme, par exemple, chez les corps de Malpighi des insectes, avec cette différence qu'ici elles sont disposées en plusieurs rangées et qu'elles sont lymphoïdes, c'est-à-dire phagocytaires.

» Les substances que j'ai introduites, noir de la seiche, carmin, lait, bactéries, spermatozoïdes des Chitons et des Poissons, sont absorbées par ces cellules : on les retrouve dans le corps des cellules, à côté de leurs noyaux. Si l'on fait un mélange de sel de fer avec de la poudre du carmin ou du noir de seiche, on remarque une différence d'action entre les glandes lymphoïdes et la glande lymphatique. Tandis que les substances dissoutes, c'est-à-dire, dans ce cas, le sel de fer (*ferrum oxydatum saccharatum*), sont absorbés par les glandes lymphoïdes, la poudre du carmin ou le noir de la seiche sont absorbés par la glande lymphatique, et en traitant toute la préparation au ferrocyanure de potassium, puis à l'acide chlorhydrique, on obtient une préparation sur laquelle les glandes lymphoïdes apparaissent colorées en bleu (bleu de Prusse) tandis que la glande lymphatique reste noire ou rouge selon la couleur des poudres

qu'on a employées. Si l'on se sert de la solution du carmin ammoniacal mélangé avec le noir de la seiche, ou voit les glandes lymphoïdes absorber la solution de carmin ammoniacal et la glande lymphatique prendre le noir de seiche, de sorte que, sur la préparation, les premières glandes se colorent en rouge écarlate tandis que la seconde est noire. Ces expériences, et encore beaucoup d'autres que je décrirai dans un Article qui sera accompagné de Planches, me conduisent à dire que les deux sortes de glandes lymphatiques du Scorpion d'Europe diffèrent entre elles physiologiquement, de même que diffèrent entre elles les glandes lymphatiques des Vertébrés.

» La glande dont je parle dans cet Article était déjà connue de J. Müller, qui l'a décrite, en 1828, comme glande salivaire. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de la Commission du prix biennal, qui doit être décerné, cette année, par l'Académie des Sciences. Cette Commission doit se composer de cinq Membres élus par l'Académie, et du Bureau en exercice.

MM. **Daubrée**, **Fizeau**, **Hermite**, **A. Milne-Edwards**, **Friedel** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant dans la Section de Botanique, pour remplir la place laissée vacante par le décès de M. *de Saporta*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 34,

M. Cohn	obtient.	28	suffrages.
M. Warming	»	3	»
M. Wiesner	»	2	»
M. Sachs	»	1	»

M. **Cohn**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

RAPPORTS.

Rapport sur un Mémoire intitulé : « Étude théorique sur l'élasticit des métaux » ; par M. Félix Lucas.

(Commissaires : MM. Haton de la Goupillière, Maurice Lévy ; Sarrau, rapporteur).

« Le phénomène étudié par M. F. Lucas est celui qui se produit, dans le procédé usuel d'essai des métaux, quand on soumet une barre prismatique ou cylindrique à une force de traction croissant à partir de zéro jusqu'à ce que l'on obtienne la rupture de la barre.

» Ce phénomène présente plusieurs phases successives.

» Dans la première, ou *période d'élasticité* proprement dite, on obtient des allongements proportionnels aux efforts et le phénomène est caractérisé par cette circonstance que, si l'on supprime la traction à un instant quelconque, la barre, revenant au repos, reprend exactement sa longueur primitive.

» A la période d'élasticité succède, du moins pour certains métaux, une *période d'écoulement.* A partir d'un certain effort, correspondant à ce que l'on appelle la *limite d'élasticité,* la barre continue à s'allonger sans qu'il soit nécessaire d'augmenter l'effort de traction et si, dans cette période, on supprime la traction à un instant quelconque, on constate que la barre, revenant au repos, a subi un allongement permanent.

» Dans une troisième phase, dite *période mixte,* la barre continue à s'allonger sous un effort croissant et cette période, comme la précédente, donne des allongements permanents.

» Dans ces trois phases successives, les déformations sont telles que toutes les sections droites restent sensiblement égales ; la barre reste prismatique ou cylindrique comme dans son état primitif ; mais, quand la traction est devenue assez grande, cette transformation régulière s'interrompt par la production de la *striction* d'une section droite déterminée, en un point de la barre, par quelque petit défaut d'homogénéité du métal. La barre présente alors progressivement la forme d'une surface courbe variable avec un minimum de section et la striction s'accentue jusqu'à ce que la barre arrive à la rupture, malgré la décroissance de l'effort auquel elle est soumise.

» M. F. Lucas s'est proposé de rechercher, pour les périodes précédant la striction, la relation qui existe entre l'effort de traction x et l'allongement y, dans cette transformation formée d'une série continue d'états d'équilibre réalisés avec une lenteur assez grande pour que la température reste constante.

» Pour la période d'élasticité, cette relation se présente sous la forme connue, $y = \frac{lx}{e\omega}$, en désignant par l la longueur de la barre, par ω sa section droite et par e son coefficient d'élasticité.

» Afin de l'établir dans les autres phases, M. F. Lucas constate d'abord que la déformation permanente du métal ne modifie pas son volume; ensuite, il fait appel aux principes thermodynamiques en remarquant que, dans l'écoulement sous tension, à température constante, l'énergie interne du métal ne varie pas sensiblement, de sorte que le travail de l'effort extérieur équivaut presque intégralement à la chaleur dégagée. Au contraire, dans une transformation élastique, les manifestations thermiques deviennent négligeables et le travail extérieur équivaut presque intégralement à la variation de l'énergie interne.

» Pour la période d'écoulement, la considération d'un cycle convenablement choisi conduit M. F. Lucas à la relation $xy + lx + (l + \lambda)\varphi = 0$; φ et λ étant les valeurs de x, y qui correspondent à la limite d'élasticité du métal.

» Dans la période mixte, considérant chaque allongement comme composé d'un allongement permanent et d'un allongement élastique et supposant que le travail extérieur total est proportionnel au travail des forces élastiques, l'auteur obtient, entre x et y une relation logarithmique qu'il trouve vérifiée par l'expérience; il en déduit aussi la valeur théorique de l'allongement permanent.

» Les données de la vérification sont empruntées à des expériences faites, sur des barres d'acier recuit, par M. Dupuy, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

» Cette théorie indique qu'une barre étirée, ramenée au repos avec allongement permanent, conserve non seulement sa densité, mais aussi son coefficient d'élasticité primitifs. La conservation du coefficient d'élasticité résulte en fait, avec une exactitude suffisante, des expériences de M. Dupuy; de plus, M. F. Lucas a cherché à la vérifier, ainsi que la conservation de la densité, à l'aide d'expériences qu'il a faites lui-même dans des conditions extrêmes de traction qui portaient la barre jusqu'à proxi-

mité de sa rupture. L'application d'un mode spécial de calcul aux résultats qu'il a obtenus indique, en effet, que de très grandes déformations permanentes n'altèrent pas sensiblement la densité et l'élasticité des métaux. Ce point est important et il y aurait intérêt à le vérifier par de nouvelles expériences.

» Avec la densité et le coefficient d'élasticité, M. F. Lucas a considéré un troisième élément spécifique, qu'il appelle *capacité d'énergie élastique;* pour le définir, il considère la transformation élastique d'une barre jusqu'à sa limite d'élasticité et divise par le volume de la barre la quantité de travail extérieur dépensée dans cette transformation; ce rapport qui a pour expression $\varpi = \frac{\varphi\lambda}{2l\omega}$, représente, rapportée à l'unité de volume, la plus grande variation que puisse éprouver l'énergie potentielle du corps sans que sa limite d'élasticité soit dépassée. La théorie indique que cet élément, constant dans la période d'écoulement, s'accroît dans la période postérieure et, en fait, les expériences montrent que cet accroissement est considérable dans le voisinage de la rupture.

» La Commission propose à l'Académie de remercier M. Félix Lucas de sa Communication qui renferme une étude ingénieuse d'un phénomène très complexe et constitue une contribution importante à la théorie générale des propriétés thermo-élastiques des corps. »

Ces conclusions sont mises aux voix et adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. P. **Hubault** adresse une Note relative à l'« existence de phosphore en proportion notable dans les Huîtres ».

(Commissaires : MM. Troost, Arm. Gautier, Duclaux.)

M. A. **Duboin** adresse deux Mémoires portant pour titres « Sur quelques méthodes de reproduction des fluorures doubles, et des silicates doubles formés par la potasse avec les bases » et « Analyse de la leucite et de la néphéline purement potassique ».

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. **Pallas** adresse, de Sabres (Landes), un travail intitulé : « Surpression dans les mines de houille ».

(Commissaires : MM. Daubrée, Haton de la Goupillière, Cornu.)

CORRESPONDANCE.

M. **Al. Kowalewsky**, M. **L. Fuchs**, M. **Engelmann**, M. **H.-A. Schwarz**, nommés Correspondants, adressent leurs remercîments à l'Académie.

MÉCANIQUE. — *Sur les lois du frottement de glissement.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Appell.

« Quand on applique les lois ordinaires du frottement de glissement à l'étude du mouvement d'un système quelconque, on arrive à un résultat singulier : dès que le frottement devient un peu considérable, pour certaines conditions initiales les équations du mouvement définissent *plusieurs* mouvements possibles, au lieu qu'elles sont *incompatibles* pour les autres conditions initiales. Je voudrais développer cette remarque générale pour les liaisons simples qui assujettissent des solides.

» Soit S un solide soumis à des forces données indépendantes des vitesses et assujetti à glisser sur une surface fixe Σ (le contact n'ayant lieu qu'en un point). Écrivons les six équations du mouvement en tenant compte de la loi de frottement, c'est-à-dire en exprimant que la composante tangentielle à S de la réaction, soit R_t, est directement opposée à la vitesse du point matériel M de S en contact avec Σ et proportionnelle à la composante normale R_n de la réaction : $R_t = fR_n$. On a ainsi assez d'équations pour déterminer les accélérations de S et R_n, et l'on trouve que R_n vérifie une égalité de la forme

$$R_n = \frac{A}{B - \varepsilon f \alpha C};$$

A désigne un polynome du second degré par rapport aux vitesses q'_i sans termes du premier degré; A et C, deux fonctions des paramètres q_i, et α une expression de la forme $\frac{\beta}{+\sqrt{P}}$, β étant une forme linéaire et P une forme quadratique par rapport aux q'_i. Quant à ε, il est égal à $+1$ ou -1, et son

signe doit être pris de façon que εR_n soit positif. Ceci posé, considérons un système quelconque de conditions initiales q_i^0, $q_i'^0$, et supposons

$$f > \frac{|B_0|}{|\alpha_0 C_0|};$$

les deux valeurs de ε conviennent, et les équations définissent deux mouvements possibles si B_0 et $\alpha_0 C_0$ sont de signes contraires ; les deux valeurs de ε sont à rejeter si B_0 et $\alpha_0 C_0$ sont de même signe. D'où cette conclusion : *considérons à la fois les deux systèmes de conditions initiales* $(q_i^0, q_i'^0)$ et $(q_i^0, -q_i'^0)$; *dès que f dépasse une certaine limite* $\left(\textit{à savoir } \frac{|B_0|}{|\alpha_0 C_0|}\right)$, *deux mouvements répondent à un des systèmes de conditions initiales, au premier par exemple, au lieu que pour le second il y a incompatibilité entre la liaison et la loi de frottement.*

» Dans certains cas particuliers, par exemple si S est une sphère homogène, il arrive que C est identiquement nul, R_n a la même valeur que s'il n'y avait pas frottement. Pour ces systèmes, la singularité en question ne se présente pas.

» Quand la liaison est *unilatérale*, comptons R_n dans le sens de la normale à Σ menée du côté où S peut quitter Σ ; R_n est nul ou positif. Considérons encore un système quelconque de conditions initiales $(q_i^0, q_i'^0)$, et supposons (ce qui est toujours possible) B_0 positif, et soit $f > \frac{B_0}{|\alpha_0 C_0|}$. Si l'on a $A_0 > 0$, les équations sont *incompatibles* ou définissent *un seul mouvement* suivant que $\alpha_0 C_0$ est positif ou négatif. Si l'on a $A_0 < 0$, le mouvement où S quitte Σ est *seul admissible* quand $\alpha_0 C_0$ est négatif, tandis que le mouvement où S reste en contact avec Σ *est aussi admissible* quand $\alpha_0 C_0$ est positif. *Sur les deux systèmes de conditions initiales* $(q_i^0, q_i'^0)$ et $(q_i^0, -q_i'^0)$, $\left(\textit{dès que } f \textit{ dépasse } \frac{B_0}{|\alpha_0 C_0|}\right)$, *le premier, par exemple, définit un mouvement et un seul; pour ce qui est du second, les équations déterminent deux mouvements ou sont incompatibles.*

» Les remarques précédentes s'appliquent au cas où S et Σ sont deux solides du système, ainsi qu'aux liaisons où une courbe glisse sur une surface, où deux courbes se rencontrent, etc. Elles s'étendent également aux liaisons entre solides qui se traduisent par deux équations, par exemple à la liaison où une courbe solide C reste tangente à une courbe fixe Γ. Pour une telle liaison, la composante tangentielle à Γ (soit R_t) de la réaction vérifie une équation de la forme

$$R_t = + f\sqrt{A^2 + 2\varepsilon B R_t + C^2 R_t^2};$$

A^2 désigne un polynome du quatrième degré par rapport aux vitesses, sans termes de degré impair, et essentiellement positif; B est un polynome du second degré par rapport aux q' (sans terme de degré impair), et C^2 une fonction positive des q_i. Quant à ε, il est égal à $+1$ ou à -1 suivant que la vitesse du point P de C en contact avec Γ (vitesse qui est tangente à Γ) est dirigée dans un sens ou dans l'autre. Il suit de là que dès que f dépasse $\frac{1}{|C_0|}$, sur les deux systèmes de conditions initiales $(q_i^0, q_i'^0)$ et $(q_i^0, -q_i')$, le premier, par exemple, définit deux mouvements, le second n'en définit aucun.

» Les conclusions précédentes subsistent *a fortiori* pour les systèmes obtenus en combinant les liaisons énumérées (bilatérales ou unilatérales). Quant au cas du *frottement au repos* (*ou au départ*), il conduit à des résultats plus singuliers encore. Des singularités analogues se présenteraient, d'ailleurs, pour toute loi de frottement exprimant la réaction tangentielle en fonction de la valeur absolue de la composante normale, pourvu que les coefficients de cette loi permettent de donner au rapport $\frac{R_t}{R_n}$ des valeurs aussi grandes qu'on veut.

» Comme exemple très simple, je citerai le suivant : considérons un cylindre de révolution ([1]) homogène et pesant, qui repose par une de ses bases sur un plan incliné Π et qu'on abandonne à l'instant t_0 avec une vitesse de translation parallèle à une ligne de plus grande pente de Π. Soit f le coefficient de frottement du plan, r le rayon de base et $2l$ la hauteur du cylindre, k^2 son rayon de giration autour d'une droite normale à sa hauteur et passant par son centre de gravité. Une discussion tout élémentaire montre que le cylindre glisse le long du plan si l'on a : $f \leqq \frac{r}{l}$; le cylindre bascule autour du point le plus bas ou le plus haut de sa base (suivant que la vitesse initiale est descendante ou ascendante) si l'on a $\frac{r}{l} < f < \frac{r}{l} + \frac{k^2}{rl}$; enfin, aucun mouvement n'est compatible avec la liaison et la loi de frottement si l'on a $f > \frac{r}{l} + \frac{k^2}{rl}$.

» Quand le cylindre est abandonné au repos, il reste au repos si l'on a à la fois : $\operatorname{tang} i \leqq \frac{r}{l}$ et $\operatorname{tang} i \leqq f_0$, f_0 étant le coefficient de frottement au repos. Il glisse le long de Π si l'on a : $f \leqq \frac{r}{l}$ en même temps que $\operatorname{tang} i > f_0$.

([1]) Des résultats analogues s'appliqueraient à un corps pesant quelconque reposant par une base quelconque sur un plan incliné.

Enfin quand f et tang i sont supérieurs à $\frac{r}{l}$ et quand de plus f est moindre que $\frac{r}{l}+\frac{k^2}{rl}$, le cylindre bascule autour du point le plus bas de sa base; quand f dépasse $\frac{r}{l}+\frac{k^2}{rl}$, il y a incompatibilité. Ce qui précède subsiste d'ailleurs quand la densité du cylindre est seulement fonction de la distance à la base et de la distance à l'axe : cette remarque permet de donner à la limite $\frac{r}{l}+\frac{k^2}{rl}$ une valeur aussi petite qu'on veut.

» Des singularités analogues se présentent quand on introduit, avec le frottement de *glissement*, le frottement de *roulement* et de *pivotement*. On voit que les lois empiriques du frottement sont *logiquement* inadmissibles (même pour des vitesses et des pressions ordinaires) dès que le frottement devient assez notable. Il y aurait peut-être quelque intérêt à reprendre à ce point de vue leur étude expérimentale. »

PHYSIQUE. — *Sur les effets de mirage et les différences de densité qu'on observe dans les tubes de Natterer* (1). Note de M. **P. Villard**.

« Pour étudier les phénomènes que présentent, au voisinage du point critique, les tubes renfermant des gaz liquéfiés, il est avantageux de choisir un corps dont la température critique diffère peu de la température ordinaire; l'éthylène est dans ce cas.

» Le gaz que j'ai employé a été préparé par l'action de l'anhydride borique sur l'alcool (Ebelmen). J'ai en effet observé constamment que l'éthylène obtenu par l'acide sulfurique et l'alcool ou l'éther est impur : liquéfié, puis évaporé vers — 80°, il bout à la fin de l'opération comme un liquide visqueux, et laisse un résidu incolore, encore liquide à — 80°, et assez volatil à la température ordinaire. Rien de semblable ne se produit quand on emploie l'acide borique.

» Une certaine quantité d'éthylène, purifié par le procédé général que j'ai indiqué antérieurement (2), a été enfermée dans un tube en cristal de 8^{mm} de diamètre intérieur sur 20^{cm} de longueur et muni à chaque extrémité d'un petit thermomètre dont le réservoir est à l'intérieur du tube. Le remplissage a été fait de telle sorte qu'à + 9°, 25, c'est-à-dire un peu au-dessous du point critique, tout l'éthylène fût vaporisé.

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

(2) *Journal de Physique*, 3e série, t. III; octobre 1894.

» L'appareil est ensuite plongé dans la glace fondante : le gaz se condense et le niveau est alors situé un peu plus bas que le milieu du tube. Les thermomètres indiquent bientôt la même température 0°, correction faite de la pression. Réchauffant ensuite le tube dans une masse d'eau de 12^{lit}, agitée par un courant d'air, et maintenue à + 11°, on observe les phénomènes ordinairement présentés par les tubes Natterer. Le niveau du liquide reste à peu près fixe, puis devient indécis et fait place à une zone de transition dans laquelle la densité et l'indice varient d'une manière continue. Enfin, il faut assez longtemps pour que le contenu du tube soit homogène.

» Mais on constate, en même temps, que les thermomètres sont loin de marcher d'accord; leurs indications se sont progressivement écartées d'environ 1°, et ils ne marquent de nouveau la même température qu'au bout d'une demi-heure, alors qu'un tube semblable au précédent, mais ne contenant que de l'eau, prend en six minutes la température du bain.

» Dans l'air à +18°, le réchauffement de l'appareil donne lieu à un écart encore plus grand, soit 3°, entre les températures données par les deux thermomètres, et cet écart ne s'annule complètement qu'au bout de plusieurs heures.

» Ces phénomènes s'observent encore très nettement, même en partant non pas de 0°, mais d'une température voisine du point critique, soit +9°. Invariablement le contenu du tube présente, au-dessus du point critique, des différences de densité quand les thermomètres sont en désaccord, une parfaite homogénéité dans le cas contraire. En retournant le tube pendant que ses deux extrémités sont à des températures différentes, on voit une masse fluide descendre dans l'intérieur et le thermomètre qui la reçoit baisse instantanément, l'autre se réchauffant.

» Inversement, le contenu du tube étant bien homogène et maintenu depuis plusieurs mois au-dessus du point critique, ce qui est facile à réaliser avec l'éthylène, il suffit de chauffer avec la main la moitié supérieure de l'appareil pour voir apparaître, même à +15° ou +20°, une zone de transition semblable à celle que présentent les tubes Natterer, et qui se forme immédiatement au-dessous de la partie chauffée. En inclinant le tube jusqu'à l'horizontalité, on voit une masse fluide dense s'étaler en présentant une véritable surface de séparation, presque aussi nette que le niveau d'un liquide. Le phénomène est encore appréciable une heure après qu'on a chauffé le tube.

» Considérons maintenant ce qui se passe pendant qu'on élève la température du tube d'abord refroidi. A un certain moment, le thermomètre

supérieur est au-dessus du point critique, le thermomètre inférieur au-dessous : le niveau devient alors indécis. D'un thermomètre à l'autre, la température varie d'une manière continue et très rapidement à l'endroit où le niveau a disparu. Toute la partie supérieure du tube contient du gaz surchauffé et dilaté, par suite d'une densité très inférieure à la densité critique : le liquide a donc peu de vapeur à fournir et doit peu changer de volume, la densité moyenne devant être invariable pour l'ensemble de la masse contenue dans le tube. Le niveau varie donc peu, mais il existe un plan dans lequel la température critique est réalisée. Appelons ce plan *niveau critique,* suivant l'heureuse expression employée par M. Gouy : immédiatement au-dessus, la vapeur présente une densité rapidement décroissante depuis la densité critique; l'inverse a lieu pour le liquide. Le niveau critique, situé dans une zone où la densité et l'indice n'offrent pas de discontinuité, ne peut être visible.

» Avant la disparition du niveau, on assiste d'ailleurs à la formation de la couche de vapeur froide et dense qui le rendra invisible; cette couche a 1^{mm} d'épaisseur, augmente et même disparaît par agitation, en produisant des stries.

» Au-dessus du point critique, il n'y a plus de liquide, mais toute la partie inférieure de la masse gazeuse est relativement froide, ainsi que l'atteste le thermomètre, et son réchauffement est lent. La considération des courbes d'Andrews montre, d'ailleurs, qu'un peu au-dessus du point critique le passage, à pression constante, d'une isotherme à la suivante, correspond à une énorme variation de densité, à cause de l'inflexion de ces courbes. C'est donc surtout au voisinage du niveau critique que se produiront les apparences de mirage : à des températures plus élevées, les différences sont moindres pour un même écart de température, quoique faciles à constater.

» Les phénomènes que l'on observe ordinairement s'expliquent donc facilement par les différences de température que je signale, sans recourir aux diverses hypothèses faites à ce sujet. Toutefois il est impossible de nier l'existence des effets de pesanteur signalés par M. Gouy ([1]); mais, pour les observer, pour qu'en un point du tube la compressibilité soit infinie, il faut qu'en ce point règne la pression critique, comprise entre les pressions qui existent au sommet et à la partie inférieure du tube : celles-ci ne diffèrent pas généralement d'un centième d'atmosphère et ont peu de chance

---

([1]) *Comptes rendus,* t. CXV, p. 720.

de comprendre entre elles la pression critique; un tube très long serait nécessaire. Si la zone de compressibilité maxima était, par hasard, réalisée, on l'observerait en redressant le tube après l'avoir agité pour égaliser la température; je n'ai jamais pu observer ce phénomène, qui indiquerait que le remplissage critique est exactement réalisé, tandis que les effets de mirage s'obtiennent avec des remplissages très variés.

» Quant au fait que le niveau se déplace très lentement dans un tube Natterer chauffé très uniformément, sans atteindre le point critique, je crois pouvoir l'attribuer à la lenteur de la vaporisation. Dans diverses mesures de forces élastiques maxima, faites sur des gaz, j'ai toujours constaté que, si la pression n'est que de quelques décimètres de mercure, elle s'établit en quelques instants; au contraire, les fortes pressions sont longues à s'établir, et même, si l'on agite le liquide à vaporiser, il faut attendre parfois une heure pour avoir une pression invariable. On conçoit que l'agitation, en hâtant la vaporisation, permette au niveau de prendre rapidement la position qu'il doit avoir, comme l'a montré M. Gouy (¹). »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les potentiels explosifs statique et dynamique.* Note de M. R. **Swyngedauw**, présentée par M. Lippmann.

« On peut faire éclater une étincelle entre deux conducteurs par deux moyens principaux : 1° par une méthode statique en les unissant aux pôles d'une machine électrostatique; 2° par une méthode dynamique en les mettant en communication avec un fil traversé par une décharge.

» Dans le premier cas, à raison du faible débit de la machine, le champ électrostatique créé entre les deux conducteurs varie lentement; l'électricité distribuée sur chacun d'eux peut être considérée comme étant en équilibre à chaque instant. Dans le deuxième cas le champ électrostatique varie rapidement et il n'est pas démontré qu'à chaque instant la distribution électrique soit une distribution d'équilibre.

» Dès lors il est permis de se demander si la proposition suivante est exacte :

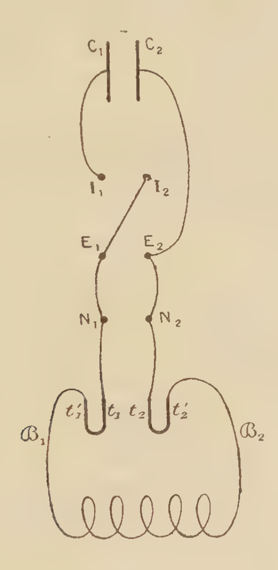
» Un excitateur placé dans des conditions physiques déterminées se décharge pour le même potentiel suivant qu'on le charge par la méthode statique ou la méthode dynamique; en d'autres termes les potentiels explosifs statique et dynamique sont égaux pour un même excitateur.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1289.

» Cette proposition est admise par un grand nombre de physiciens; elle a été mise en doute en ces derniers temps par M. Jaumann ([1]).

» L'une des conséquences les plus directes de cette proposition est la suivante : l'égalité des potentiels explosifs statiques de deux excitateurs entraîne leur égalité dynamique quelles que soient les différences de forme et de dimensions des excitateurs employés.

» On peut vérifier cette conséquence en opérant de la façon suivante : on dispose d'un condensateur isolé d'armatures C_1C_2, de trois excitateurs désignés par leurs pôles, un excitateur principal I_1I_2 et deux excitateurs dérivés E_1E_2, N_1N_2; d'une bobine désignée par ses extrémités B_1 B_2; de deux tubes en U isolés, renfermant du mercure et désignés par leurs branches $t_1t'_1$, $t_2t'_2$. Les deux armatures du condensateur sont réunies aux pôles d'une machine de Holtz; on fait communiquer par des fils de cuivre de 1m de long au maximum : 1° C_1I_1; 2° $I_2E_1N_1t_1$; 3° $C_2E_2N_2t_2$; on plonge les extrémités B_1 et B_2 de la bobine dans les branches t'_1 et t'_2 des tubes en U.



» Les fils de cuivre compris entre N_1 et E_1, entre N_2 et E_2 ont une résistance et une self-induction très faibles par rapport à la résistance et à la self-induction de la bobine. Le milieu du fil N_2E_2 est en communication constante avec le sol. Afin de se rapprocher le plus possible de la décharge théorique d'un condensateur dans un fil, les excitateurs se réduisent à des boules ou à des boucles fixées sur de l'ébonite.

» Avec la disposition ([2]) que l'on vient de décrire, si une étincelle éclate en I_1I_2, le

([1]) *Einfluss rascher Potentialänderungen auf den Entladungsvorgang* (*Sitz. Ber. der Wiener Akademie*; juin-juillet 1888, p. 765).

([2]) Le condensateur est une bouteille de Leyde de 0micro.F.,005 de capacité. La

condensateur se décharge à travers le circuit ; on peut disposer des distances explosives de E_1E_2 et N_1N_2 de façon que, pour chaque étincelle qui éclate en I_1I_2, on observe une étincelle en N_1N_2, ou en E_1E_2, ou aux deux simultanément : on charge les excitateurs par la méthode dynamique.

» Si l'on jette un pont entre les pôles I_1I_2, si l'on enlève l'extrémité B_1 de la bobine de la branche t'_1 du tube en U, et si l'on tourne la machine de Holtz, on charge les excitateurs N_1N_2 et E_1E_2 par la méthode statique.

» L'expérience donne les résultats suivants : si l'étincelle éclate en E_1E_2 quand on charge les excitateurs dérivés par la méthode statique, elle éclate en E_1E_2 quand on les charge par la méthode dynamique.

» Si l'étincelle éclate en N_1N_2 quand on charge les excitateurs dérivés par la méthode statique, elle éclate en N_1N_2 quand on les charge par la méthode dynamique (¹).

» Les excitateurs dérivés diffèrent beaucoup de forme et de dimensions ; N_1N_2 est formé de deux boucles de fil de laiton ou de deux surfaces sphérique de 1^{mm} ou 3^{mm} de diamètre; E_1E_2 est constitué par des sphères de 1^{cm}, $1^{cm},5$ ou 2^{cm} de diamètre.

» L'interprétation des expériences est facile si l'on remarque que, dans les conditions de l'expérience et avant l'étincelle dérivée en N_1N_2 ou en E_1E_2, le mode de charge dynamique des excitateurs dérivés satisfait aux deux conditions suivantes qui sont toujours réalisées dans la charge statique :

» 1° La différence de potentiel entre les pôles de l'excitateur N_1N_2 est égale à chaque instant à la différence de potentiel entre les pôles de l'excitateur E_1E_2.

» 2° La différence de potentiel entre les pôles des excitateurs dérivés est une fonction croissante du temps (²).

» Les résultats expérimentaux démontrent donc la proposition citée plus haut, que l'on peut énoncer d'une façon plus explicite sous la forme suivante :

» *Si les potentiels explosifs de deux excitateurs différents sont égaux dans la charge statique, ils restent égaux dans la charge dynamique.*

» Ce fait, que la proposition précédente est vraie quelle que soit la

---

bobine a une résistance de 1^{ohm} et une self-induction de $0^{quadr.},0004$. Le potentiel explosif de l'excitateur varie entre 30 et 80 unités électrostatiques C.G.S.

(¹) Il arrive rarement que l'étincelle éclate simultanément aux deux excitateurs dérivés.

(²) *Comptes rendus* du 16 juillet 1894.

différence de forme des excitateurs, rend probable le principe généralement admis que le potentiel explosif dynamique d'un excitateur est égal à son potentiel explosif statique.

» Pour observer les résultats précédents, il faut opérer avec des précautions spéciales : on fait éclater les étincelles toutes les minutes environ pour éviter l'action perturbatrice d'une étincelle sur la suivante; on opère avec des excitateurs dérivés polis fréquemment à la toile d'émeri; au moyen d'écrans on évite avec le plus grand soin l'action de la lumière ultra-violette des étincelles des excitateurs voisins et des effluves qui peuvent s'échapper des fils pendant la décharge.

» Sans ces précautions et surtout sans la dernière, la loi précédente se trouve en défaut :

» *La lumière ultra-violette abaisse les potentiels explosifs dynamiques dans des proportions beaucoup plus grandes que les potentiels explosifs statiques;* c'est un point sur lequel je reviendrai prochainement [1]. »

CHIMIE. — *Sur l'analyse spectrale directe des minéraux et de quelques sels fondus*. Note de M. **A. de Gramont**, présentée par M. Friedel.

« Je demande à l'Académie la permission de résumer les résultats généraux qui se dégagent, non seulement des Notes que j'ai déjà eu l'honneur de lui présenter, mais aussi de recherches en cours d'exécution.

» Un grand nombre de minéraux sont suffisamment conducteurs, ou volatilisables, pour donner passage à l'étincelle électrique entre deux de leurs fragments reliés respectivement aux pôles d'une bobine d'induction et aux armatures d'un condensateur. Dans ces conditions, l'étincelle produite se comporte au spectroscope comme celle d'un *alliage métallique*, mais en donnant, avec les raies des métaux contenus dans le minéral, celles des *métalloïdes* qui y sont combinés.

» En supprimant le condensateur, les spectres des métalloïdes disparaissent, et ceux des métaux se réduisent à leurs raies les plus brillantes se détachant en général sur le fond lumineux produit par l'incandescence des fragments.

» Un certain nombre de sels fondus [2], dont j'ai entrepris l'étude, no-

---

[1] Institut de Physique de la Faculté des Sciences de Lille.

[2] Et non décomposables par fusion.

tamment les sels haloïdes, m'ont donné les mêmes résultats qu'on peut généraliser ainsi :

» L'étincelle condensée, jaillissant à la surface d'un composé, le dissocie en donnant un spectre de lignes ordinairement très vives, où chaque corps, métal ou métalloïde, est représenté par les raies caractéristiques de son spectre individuel. On a ainsi un spectre composé, pouvant être considéré comme formé de la superposition pure et simple des spectres des éléments composants.

» Les raies de l'air dans l'étincelle condensée sont très affaiblies en présence des éléments volatilisés, surtout quand la distance explosive est très courte; elles se réduisent, pratiquement, aux lignes signalées pour la première fois par Masson. Ces raies de l'air ont même l'avantage de servir de repères pour la position de l'échelle micrométrique.

» Sans condensateur et avec la bobine seule, au contraire, on a, dans le cas des sels, des spectres complexes caractéristiques de l'espèce chimique, et dus vraisemblablement à la molécule non dissociée. Ils varient donc d'une combinaison à l'autre. Ce fait a déjà été mis en lumière pour les sels fondus ou dissous, par de nombreux travaux, notamment par ceux de MM. A. Mitscherlisch, Diacon, Lecoq de Boisbaudran.

» Comme méthode générale d'investigation, et plus spécialement dans la recherche des métalloïdes ou dans l'examen des minéraux, on a, suivant moi, un avantage réel à faire usage de l'étincelle condensée, les éléments s'y trouvant toujours représentés par les mêmes raies dont les principales sont faciles à reconnaître à première vue.

» Dans le cas des sels, l'étincelle non condensée donne, d'autre part, de précieuses et très sensibles indications au moyen des spectres de bandes, pour déceler la présence de certains composés.

» Il est d'ailleurs facile de supprimer la condensation dans le dispositif expérimental employé.

» Pour ces recherches, on peut se servir de toutes les bobines; il faut seulement prendre des condensateurs à surfaces notablement plus considérables par rapport à la grandeur de la bobine, qu'on ne le fait généralement. Pour des appareils donnant de 3^{cm} à 5^{cm} d'étincelle, je mettais deux, trois ou quatre jarres, dont chaque armature offrait environ 12 décimètres carrés de surface.

» Il est curieux d'observer l'action de la condensation sur l'étincelle jaillissant entre des électrodes revêtues de métalloïdes libres : condensée, elle donne de beaux spectres de lignes de ces corps, *sans* les enflammer;

non condensée, elle les allume immédiatement, en donnant un spectre continu à peine visible. Cette expérience est surtout frappante avec le soufre, l'arsenic et le sélénium. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déterminations de la solubilité, à des températures très basses, de quelques composés organiques dans le sulfure de carbone.* Note de M. **Arctowski**, présentée par M. Friedel.

» M. Étard nous a appris, par ses remarquables recherches sur les dissolutions saturées, combien grande est la variété des courbes représentant les stades de saturation en fonction de la température. La comparaison des Tableaux 5 et 8 de son Mémoire (¹), notamment, nous fait voir que l'allure des lignes de solubilité, dans des dissolvants autres que l'eau, est toute différente des courbes obtenues pour les solubilités des sels dans l'eau. Ces courbes ont effectivement la forme d'hyperboles dont les branches s'appuient sur les points de fusion du dissolvant, d'une part, et du composé dissous de l'autre. M. Étard admet même que la solubilité serait nulle au point de congélation du dissolvant (²) et infinie au point de fusion ou d'ébullition du corps dissous.

» Pour ce qui concerne la limite supérieure de ces courbes de solubilité, il est peu probable que le phénomène se retrouve, d'une façon quelque peu générale, car, des travaux de M. Alexeyeff (³), il ressort que les liquides ne sont miscibles en toutes proportions qu'à partir d'une certaine température qui, dans aucun des cas examinés, n'a été trouvée être celle de la fusion du composé le moins fusible. Il m'a paru intéressant de vérifier si l'origine assignée aux courbes des solubilités n'était également qu'une simple approximation. A cet effet, je me suis efforcé de poursuivre les déterminations de solubilité dans le sulfure de carbone (qui est le dissolvant typique) jusqu'à des températures très basses. Ces déterminations ont été faites d'après la méthode de M. Etard, c'est-à-dire que le liquide a été puisé directement hors de la solution plongée dans le mélange réfrigérant, et cela au moyen d'une pipette munie d'un filtre en coton.

(¹) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. II et III, août et octobre 1894.
(²) *Comptes rendus*, t. CXV, p. 950.
(³) *Wiedemann's Annalen*, t. XXVIII, p. 300.

» Le point de fusion du sulfure de carbone est, d'après Olszewski et Wroblewski, —115°. Les valeurs obtenues sont :

	degrés C.	gr	
100 gr de solution saturée renferment à	—116	0,017	de HgI^2,
» »	— 94	0,378	d'iode,
» »	—116	2,99	de S,
» »	—114½...	9,41	de SnI^4,
» »	—116	36,9	de Br.

Toute une série d'autres déterminations ayant été faites, il m'a été possible de tracer les lignes de solubilités de ces corps entre —80° et —115° et il se trouve que non seulement la solubilité n'est pas nulle au point de congélation du dissolvant, mais en plus que les lignes de solubilités de ces différents corps ne tendent nullement vers un même point, point qui, par hypothèse, aurait pu correspondre à un abaissement du point de congélation.

» Cela étant, il m'a paru nécessaire de poursuivre les déterminations de M. Etard, de manière à pouvoir me rendre compte de l'allure des courbes des solubilités des composés organiques, aux environs de —115°.

» Mes déterminations m'ont fourni les résultats numériques suivants :

	degrés C.	gr	
100 gr de solution saturée renferment à	— 77½...	0,016	anhydride phtalique dans CS^2.
» »	— 93	0,013	
» »	—112½...	0,013	
» »	— 83	1,91	triphénylméthane dans CS^2.
» »	— 91	1,56	
» »	—102	1,24	
» »	—113½...	0,98	
» »	— 88½...	0,87	diphénylamine dans CS^2.
» »	—117	0,37	
» »	— 82	1,38	naphtaline dans CS^2.
» »	— 89½...	1,05	
» »	—108½...	0,62	

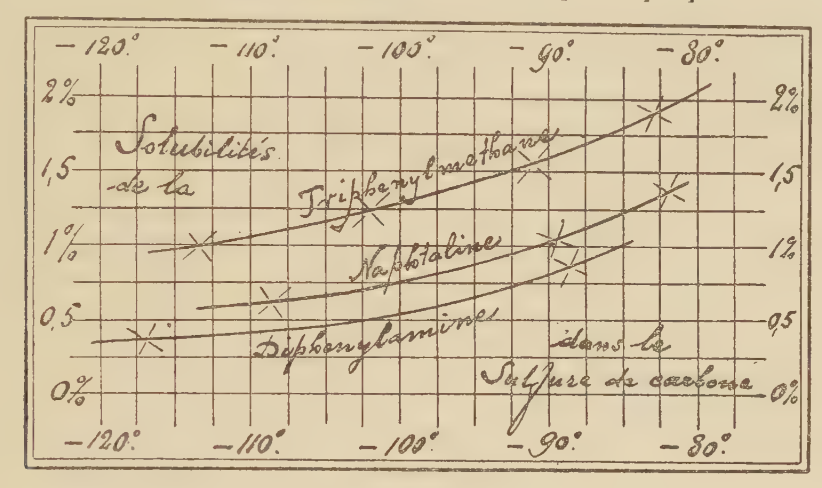
» Ces chiffres nous permettent de tracer le diagramme ci-contre.

» Cette figure nous démontre que les courbes de solubilité considérées ne tendent nullement à couper l'axe des x : elles lui sont, au contraire, asymptotiques.

» De mes déterminations, il ressort donc que, dans le cas du sulfure de carbone, pas plus que dans le cas d'autres dissolvants organiques, tels que

le benzène, l'acide acétique, etc. (comme les nombreuses recherches cryoscopiques le prouvent indirectement), la solubilité ne s'abaisse à o au point de congélation du dissolvant.

» Les courbes des solubilités, dans ce dissolvant, ressemblent aux courbes des tensions de vapeur, qui, elles aussi, tendent vers le point de solidification de la substance; mais, de même que la propriété d'émettre



des vapeurs se poursuit au delà du point de solidification, celle de diffuser doit également pouvoir subsister au delà de la congélation du dissolvant, car les courbes sont, dans les deux ordres de phénomènes considérés, asymptotiques à l'axe.

» Le point de fusion du dissolvant ne me paraît donc pas être un point essentiel de la courbe des solubilités, car elle doit se poursuivre bien au delà de ce point; et, du reste, la propriété de dissoudre n'est pas une propriété exclusive de l'état liquide de la matière; c'est ce qui a été très clairement démontré par les expériences de W. Spring, d'une part, et par les considérations théoriques de Van't Hoff, d'autre part [1]. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés oxydantes de l'oxygène ozoné et de l'oxygène irradié*. Note de M. A. **Besson**, présentée par M. Troost.

« J'ai signalé précédemment (*Comptes rendus*, 11 juin 1894) que l'oxygène ozoné agissait sur l'éthylène perchloré C^2Cl^4 en donnant comme

---

[1] *Institut de Chimie générale;* Liège.

produit principal du chlorure de trichloracétyle $CCl^3, COCl$ et, comme produit accessoire, du chlorure de carbonyle $COCl^2$.

» J'ai constaté depuis que les mêmes produits se forment également quand on fait agir l'oxygène sec sur C^2Cl^4 en présence de la lumière solaire.

» Une centaine de grammes de C^2Cl^4 étaient enfermés dans un flacon de 10^lit de capacité rempli, par déplacement, d'oxygène sec; abandonné au soleil pendant deux mois (août et septembre 1894), on constata, à l'ouverture, une diminution considérable de pression intérieure avec formation de CCl^3, $COCl$ et $COCl^2$.

» L'oxydation est plus active sous légère pression d'oxygène; c'est ce que j'ai constaté en abandonnant au soleil, pendant le même temps que dans l'expérience précédente, de l'éthylène perchloré dans un flacon résistant, relié par un tube à potasse fondue avec un flacon semblable renfermant une solution d'hypochlorite alcalin additionnée de chlorure de cobalt; la quantité d'hypochlorite avait été dosée de façon qu'il ne pût s'établir une pression trop considérable dans l'appareil. L'oxygène se dégageait lentement sous l'action de la chaleur solaire, se débarrassait de produits chlorés en passant sur la potasse fondue et venait se fixer sur C^2Cl^4 en donnant les mêmes produits que précédemment.

» Ainsi, même dans ces conditions qui paraissent particulièrement favorables, je n'ai pas pu constater la formation d'un corps tel que $(CCl^2)^2O$, qui devrait être le produit normal d'oxydation de C^2Cl^4.

» Ces produits d'oxydation de C^2Cl^4 permettent d'expliquer l'apparente oxydation totale de C^2Cl^4 avec production d'acide carbonique qui a lieu quand on expose au soleil un tube scellé contenant deux couches superposées de C^2Cl^4 et d'eau oxygénée concentrée; quand on ouvre le tube au bout d'un certain temps, on constate qu'il renferme de l'acide carbonique sous pression, mais le liquide renferme en même temps de l'acide chlorhydrique libre et de l'acide trichloracétique; on se trouve ici en présence des produits de décomposition par l'eau des produits d'oxydation de C^2Cl^4. On sait que le trichlorure de phosphore absorbe l'oxygène sous l'action de la chaleur et s'oxyde même directement à froid par l'oxygène ozoné pour donner l'oxychlorure $POCl^3$. J'ai vérifié que l'absorption de l'oxygène ozoné était très rapide et accompagnée d'une élévation de température sensible.

» L'absorption de l'oxygène par PCl^2 peut même se faire directement à la lumière solaire, comme je l'ai constaté en exposant au soleil une vingtaine de grammes de PCl^3 dans un flacon de 10^lit, plein d'oxygène sec et bien bouché; au bout de quelques jours la transformation de PCl^3 en $POCl^3$ était totale.

» Les phénomènes sont moins simples avec le tribromure PBr^3.

» Traversé par un courant d'oxygène ozoné à la température de 10°, on voit apparaître à la surface d'arrivée du gaz [1] des cristaux jaunes de pentabromure PBr^5 et il se dépose au sein du liquide un corps solide blanc qui semble exclusivement formé d'anhydride phosphoreux; c'est là une substitution totale de O à Br, qui, se fixant sur l'excès de PBr^3, a donné PBr^5 et je n'ai pu constater aucune trace d'oxybromure $POBr^3$.

» Les phénomènes sont analogues en faisant réagir O sec sur PBr^3 en présence de la lumière solaire; il se sublime PBr^5 et se dépose un corps solide blanc donnant les réactions de l'acide phosphoreux; mais ici l'excès de liquide renferme en dissolution une petite quantité d'oxybromure $POBr^3$; l'oxydation est moins brutale que dans le cas de O ozoné, mais du même ordre.

» La fixation d'oxygène sur PCl^3 donnant $POCl^3$ pouvait faire espérer qu'un résultat pareil pourrait être obtenu avec le chlorure d'arsenic $AsCl^3$, conduisant à obtenir un oxychlorure correspondant à $AsCl^5$ inconnu.

» Mais déjà à la température de 0° l'oxygène ozoné détermine le départ de chlore d'une façon continue; cependant, le liquide conserve sa transparence et, même au bout de plusieurs jours de passage du gaz, on ne constate que la formation d'une mince ceinture blanche à la surface d'entrée.

» Le liquide limpide isolé se prend en masse gélatineuse aussitôt qu'on élève sa température à 50°; à la distillation dans le vide, il passe du chlorure d'arsenic $AsCl^3$ et il reste une matière solide blanche formée d'anhydride arsénique As^2O^5 avec un peu d'anhydride arsénieux As^2O^3; ces corps semblaient en dissolution dans $AsCl^3$ à la température ordinaire et s'en être précipité par faible élévation de température; inutile d'ajouter que le chlorure avait été soigneusement rectifié avant l'expérience.

» A la lumière solaire, l'oxygène sec semble sans action sur $AsCl^3$; de même l'oxygène ozoné n'exerce aucune action sur les dissolutions chlorocarboniques de PCl^5 et PBr^5 à froid.

» L'oxygène ozoné et l'oxygène sec au soleil réagissent énergiquement sur les iodures de phosphore avec mise en liberté d'iode et formation de produits complexes renfermant du phosphore, de l'oxygène et de l'iode dont la nature exacte n'a pu être déterminée; je serai donc bref sur ce sujet.

» Les solutions sulfocarboniques du triiodure et du biiodure de phosphore étant traversées pendant vingt-quatre heures par un courant d'oxygène ozoné sec, la température étant maintenue de — 20° à — 5°, sont fortement colorées par de l'iode libre et il

(1) Il faut toujours faire réagir l'oxygène ozoné par une grande surface, sous peine d'obtenir de faibles rendements; il y a sans doute destruction d'ozone par suite d'une élévation de température locale.

s'est précipité un corps solide jaunâtre floconneux; lavé au sulfure de carbone, puis chauffé doucement dans le vide, ce corps perd de l'iode et laisse une substance vitreuse dont la dissolution aqueuse accuse les caractères de l'acide phosphorique.

» Les résultats obtenus par O sec sur les dissolutions chlorocarboniques des iodures de phosphore au soleil ne diffèrent pas sensiblement des précédents. »

CHIMIE. — *Action de l'oxyde nitrique sur quelques chlorures métalliques : chlorure ferreux, chlorures de bismuth et d'aluminium.* Note de M. V. **Thomas**, présentée par M. Troost.

« *Chlorure ferreux.* — J'ai signalé l'action à basse température du bioxyde d'azote bien desséché sur le chlorure ferrique anhydre [1]. Il se forme ainsi deux composés différents, suivant que l'on opère à température ordinaire ou à une température voisine de 60°. J'ai montré qu'à une température plus élevée, le chlorure ferrique était réduit à l'état de chlorure ferreux. Si l'on continue l'action de l'oxyde nitrique on obtient un corps rouge fixe, qui conserve la forme du chlorure ferreux. En même temps que la réduction se produit, il se dégage d'abondantes fumées jaunâtres qui se condensent en une poudre brune, ressemblant beaucoup aux oxychlorures de fer, mais qui est une combinaison nouvelle de bioxyde d'azote et de chlorure ferreux.

» *Corps rouge.* — J'ai préparé ce corps pour la première fois en faisant passer de l'oxyde nitrique sur du chlorure ferrique chauffé à une température convenable (température voisine du point de sublimation du chlorure ferrique). Le corps qu'on obtient ainsi renferme une proportion variable d'azote, mais, en général, n'est pas saturé.

» Pour l'avoir dans un état de pureté plus grand, il suffit de mettre la matière ainsi obtenue dans un grand flacon rempli de gaz nitrique bien desséché. On maintient la température entre 60° et 100° en agitant fréquemment. Au bout de plusieurs jours la teneur en azote a généralement augmenté, mais n'est pas constante, comme l'indiquent plusieurs analyses. Il faut encore, pour l'avoir pur, chauffer la matière en tube scellé, à 175° environ, pendant plusieurs heures. La poudre qu'on obtient est alors d'un beau rouge, très homogène, et correspond à la formule $5Fe^2Cl^4.AzO$.

» La substance est très hygrométrique. Au contact de l'air atmosphérique, elle se détruit presque immédiatement en s'hydratant et laissant dégager des bulles gazeuses.

» Si l'on chauffe fortement ce corps dans un courant de gaz inerte, l'acide carbonique par exemple, on obtient du chlorure ferreux pur.

---

(1) *Comptes rendus*, 25 février 1895.

» *Corps jaune brun.* — Il s'obtient chaque fois que de l'oxyde nitrique passe sur du chlorure ferrique suffisamment chauffé. Il est facilement entraîné par le courant gazeux, et, par conséquent, peut être préparé dans un état très grand de pureté.

» Une bonne méthode pour l'obtenir consiste à placer le chlorure ferrique dans une nacelle chauffée graduellement dans un tube de verre ou de porcelaine bien purgé d'air. On recueille le produit dans une allonge parfaitement desséchée, reliée à un long tube de verre. Ce long tube sert non seulement à conduire les gaz qui se dégagent dans la cheminée, mais encore à empêcher l'humidité de pénétrer dans l'allonge. On arrête l'opération quand il ne passe plus rien.

» Ce corps se présente sous l'aspect d'une poudre très divisée, jaune brunâtre. Il doit être manié avec une extrême rapidité, car il est encore plus hygrométrique que le précédent. Il se transforme à l'air humide en oxyde hydraté avec une très grande facilité, en même temps qu'il se dégage des bulles gazeuses.

» Chauffé dans un courant de gaz inerte, il donne du chlorure ferreux. Il correspond à la formule $Fe^2Cl^4.AzO$.

» Ces corps offrent, je crois, quelque intérêt. Graham avait constaté, en effet ([1]), que le chlorure ferreux sec absorbe le bioxyde d'azote. D'après lui, 100 parties de sel absorbent de 2 à 3,66 parties de gaz nitrique; en même temps ce sel prend une coloration noire. Je n'ai pu constater cette coloration qu'une seule fois, en faisant réagir l'azote nitrique sur du chlorure ferreux préparé par réduction (au moyen d'un courant d'hydrogène) du chlorure ferrique. Je pense que, dans ce cas, la coloration était due à des traces d'humidité.

» Quant au corps jaune brun, il correspond, par sa formule, au composé qu'on obtient en saturant de gaz nitrique une dissolution de chlorure ferreux à une température comprise entre 12°,5 et 25° ([2]).

» *Chlorure de bismuth.* — L'action du bioxyde d'azote sur les chlorures de bismuth et d'aluminium a été signalée par M. Besson ([3]). Du chlorure de bismuth bien exempt d'humidité est mis dans un flacon bien desséché qu'on remplit d'oxyde nitrique, comme je l'ai dit précédemment ([4]). L'absorption est très rapide. Au bout de quelques instants, après une agitation convenable, le chlorure de bismuth se colore déjà en jaune. Toutefois, pour être bien sûr que l'absorption soit complète, j'ai laissé le chlorure de bismuth dans une atmosphère d'oxyde nitrique pendant plusieurs jours.

([1]) *Phil. Magazine Ann.*, t. IV, p. 266 et 331.

([2]) Gay, *Thèse de Doctorat*, p. 15 et suiv.; 1885.

([3]) *Bull. Soc. chim.*, t. I, p. 771; 1889.

([4]) *Bull. Soc. chim.*, t. I, p. 229; 1895.

» Le bismuth a été dosé à l'état d'oxyde. L'analyse conduit à la formule

$$BiCl^3 . AzO.$$

» *Chlorure d'aluminium.* — Le chlorure d'aluminium employé a été purifié par plusieurs sublimations; il était parfaitement blanc et ne contenait pas trace de fer.

» Ainsi sublimé, le chlorure d'aluminium en poudre très fine a été traité comme le chlorure de bismuth. L'absorption est très faible. Le chlorure prend tout d'abord une teinte violette pâle, puis, si la température s'élève légèrement, par une agitation prolongée, au bout d'un temps suffisamment long, cette coloration devient jaune clair.

» L'analyse conduit à la formule

$$Al^2Cl^6 . AzO.$$

» *Propriétés.* — Le composé bismuthique est d'un beau jaune; le composé aluminique, jaune pâle. Ils sont excessivement hygrométriques; le composé d'aluminium fume à l'air. Ils sont décomposables par l'eau comme les composés correspondants du chlorure ferrique et sont fusibles en tube scellé sans décomposition.

» Pour analyser le composé aluminique, il faut le dissoudre, non pas dans l'eau, ce qui occasionnerait une perte considérable de chlorure d'aluminium, mais dans une dissolution de potasse assez concentrée qui retiendra le chlore. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des halogènes sur l'alcool méthylique.* Note de M. A. **Brochet**, présentée par M. P. Schützenberger.

« A la suite de recherches relatives à l'action du chlore sur les alcools de la série grasse, j'ai été amené à étudier non seulement l'action de ce métalloïde, mais également celle du brome et de l'iode sur l'alcool méthylique.

» Divers auteurs, notamment Bouis et S. Cloëz, ont fait réagir le chlore et le brome sur l'*esprit de bois;* ils obtinrent ainsi différentes acétones chlorées. De nombreuses discussions s'élevèrent alors au sujet de certains composés obtenus et de leur identification, soit avec les dérivés de l'acétate de méthyle, soit avec le *bromoxaforme* obtenu auparavant par Cahours en faisant réagir le brome sur les citrates alcalins.

» En 1874, M. Grimaux ([1]) éclaircit cette question au point de vue du brome; il montra l'identité du parabromalide de Cloëz et du bromoxaforme avec l'acétone pentabromée et reconnut que le brome n'attaque pas à froid l'alcool méthylique et l'acétate de méthyle, ce dernier étant décomposé à 150° avec formation d'acide bromacétique et de bromure de méthyle.

» *Action du chlore.* — Le chlore attaque d'autant mieux l'alcool méthylique à froid que celui-ci est plus étendu d'eau; ainsi, tandis que l'alcool à 99°,5 exige presque la présence des rayons solaires pour être attaqué par le chlore sec, la réaction est accompagnée d'explosion et se fait avec flamme, même à la lumière diffuse, si l'on emploie un alcool étendu de 20 pour 100 ou 40 pour 100 d'eau. Pour avoir une attaque régulière à une lumière diffuse assez vive, j'ai fait réagir le chlore humide sur l'alcool méthylique à 99°,5.

» Dans ces conditions, il se forme principalement de l'aldéhyde formique, ou plutôt de l'alcool chlorométhylique, en admettant l'hypothèse émise en 1873 par M. L. Henry ([2]) au sujet de la chloruration de l'alcool éthylique. Cet alcool chlorométhylique, sous l'influence de l'acide chlorhydrique agissant comme déshydratant, se transforme en oxyde de méthyle dichloré symétrique. J'ai pu identifier ce corps, qui se dépose sous forme d'un liquide insoluble dans ce milieu, avec le produit obtenu pour la première fois par Regnault en faisant réagir le chlore sur l'oxyde de méthyle

$$2\,CH^2Cl.OH = CH^2Cl.O.CH^2Cl + H^2O.$$

» Cet éther s'hydratant facilement au contact de l'eau avec formation d'acide chlorhydrique et d'aldéhyde formique, j'ai déterminé sa composition par simple dosage volumétrique. Un premier titrage à la soude, en employant le méthylorange comme indicateur, donnait l'acidité; un second, après addition de chlorhydrate d'hydroxylamine, indiquait la teneur en formaldéhyde ([3]).

» Étant donné son faible poids moléculaire, l'alcool méthylique exige des quantités considérables de chlore pour se transformer en aldéhyde. Pendant toute la durée de l'opération, il se dégage en quantité notable des gaz insolubles dans l'eau; ces gaz troublant l'eau de baryte brûlent avec une flamme bleue légèrement bordée de vert. La coloration verte est due à un peu de chlorure de méthyle facile à éliminer par quelques lavages à l'eau; le reste est formé, en majeure partie, d'acide carbonique (5 à 20 pour 100, suivant les échantillons) et d'oxyde de carbone (50 à 80 pour 100).

» Ce dernier gaz a été identifié :

» 1° Par sa combustion avec flamme bleue;

» 2° Par sa solubilité dans le chlorure cuivreux acide;

» 3° Par son analyse eudiométrique. Le gaz extrait de sa solution dans le chlorure cuivreux et desséché fournit son volume d'acide carbonique par sa combinaison avec la moitié de son volume d'oxygène. Il n'y a pas formation d'eau;

([1]) Grimaux, *Bulletin de la Société chimique*, 2e série, t. XXII, p. 22.

([2]) L. Henry, *D. ch. G.*, t. VI, p. 744.

([3]) Brochet et Cambier, *Comptes rendus*, t. CXX, p. 449.

» 4° Par l'étude spectroscopique de l'hémoglobine agitée avec le mélange gazeux; les deux bandes d'absorption caractéristiques persistant après un contact prolongé avec le sulfhydrate d'ammoniaque.

» Quant à la présence de ces deux gaz, elle peut être expliquée de deux façons : ou bien le chlore agissant sur la formaldéhyde donne successivement le dérivé monochloré ($CHOCl$), puis le dérivé dichloré ($COCl^2$) (chlorure de carbonyle), lesquels se décomposent au contact de l'eau, en donnant de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique,

$$CHOCl = CO + HCl,$$
$$COCl^2 + H^2O = CO^2 + 2HCl.$$

» Ou bien le chlore agissant comme déshydrogénant sur l'aldéhyde donne directement l'oxyde de carbone.

» Si l'on fait réagir le chlore à chaud sur l'alcool méthylique, l'oxyde de méthyle chloré ne se forme pas ; il est directement transformé en méthylal par l'alcool en excès; dans ce cas, naturellement, il se forme de grandes quantités de chlorure de méthyle, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique. La réaction se produit également avec flamme et explosion même à une lumière très diffuse.

» La chloruration de l'alcool méthylique ne fournissant, comme produit chloré, en se tenant dans certaines conditions, que de l'acide chlorhydrique, permettra facilement, étant donné la différence des actions, d'étudier simultanément l'influence de l'humidité, de la chaleur et de la lumière sur ce genre de réactions.

» *Action du brome.* — Si l'on expose au soleil un flacon contenant une solution de brome dans l'alcool méthylique, on constate, au bout de plusieurs mois, une légère acidité; mais, étant donné que dans ces conditions il ne peut guère se former que de l'acide carbonique, ce qui nécessite une quantité de brome égale à peu près à quinze fois le poids de l'alcool employé, on peut considérer l'attaque de l'alcool méthylique par le brome comme négligeable.

» A 100°, l'action est encore très faible; par contre, à 130°-150°, elle est assez énergique, le liquide se décolore rapidement (1 partie Br pour 2 parties CH^4O). Le produit principal qui se forme dans ces conditions est le bromure de méthyle; celui-ci est mélangé d'un peu d'acide carbonique; on constate également la présence d'une faible quantité d'oxyde de carbone et d'acide formique si le brome n'est pas en excès.

» *Action de l'iode.* — L'iode n'attaque que très difficilement l'alcool méthylique; à 180°-200°, il se forme de l'acide carbonique et de l'acide iodhydrique; ce dernier fournit un peu d'iodure de méthyle; mais, dans ces conditions, la propriété la plus curieuse de l'iode est de déshydrater une forte quantité d'alcool pour donner de l'oxyde de méthyle, très facile à caractériser par sa solubilité dans l'eau et surtout dans l'acide sulfurique (600 volumes). Le gaz extrait de sa solution sulfurique, par addition d'un peu d'eau, puis desséché, peut alors être soumis à la combustion eudio-

métrique. 2 volumes de gaz + 6 volumes d'oxygène donnent, après le passage de l'étincelle, 4 volumes de gaz carbonique et de l'eau.

» On peut, par cette action de l'iode, transformer rapidement de grandes quantités d'alcool méthylique en oxyde de méthyle; la quantité d'iode nécessaire est environ 5 pour 100 du poids de l'alcool; il est préférable de chauffer en plusieurs temps, en déchargeant chaque fois les tubes.

» L'oxyde de méthyle ainsi produit renferme des traces d'iodure. »

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur une théorie physique de la perception des couleurs.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. A. Cornu.

« Afin d'expliquer la perception des couleurs, Th. Young et plus tard Helmholtz ont admis que chaque fibre du nerf optique qui vient se rendre à un cône de la rétine est constituée par trois fibrilles, dont l'une est fortement excitable par le rouge et peu par le vert et le violet; la seconde, fortement excitable par le vert et peu par le rouge et le violet; enfin la troisième, fortement excitable par le violet et peu par le rouge et le vert.

» Cette hypothèse rend compte de l'existence de trois couleurs élémentaires; elle explique également un certain nombre d'autres faits, tels que certaines particularités observées dans les dyschromatopsies, le phénomène des couleurs saturées, etc. Mais elle est impuissante à expliquer beaucoup d'autres faits non moins importants. Pourquoi une lumière ayant une longueur d'onde de $0^{\mu},620$ excitera-t-elle fortement une de ces fibres en excitant à peine les deux autres?

» Voici une nouvelle théorie des perceptions lumineuses, qui me paraît plus d'accord avec les progrès de l'Optique physique et de la Physiologie.

» Un rayon lumineux, après avoir traversé les différentes couches de la rétine, atteint normalement la couche pigmentaire de cette membrane; là il se réfléchit et vient interférer avec le rayon incident. Il en résulte qu'il doit y avoir, en avant de la couche pigmentaire, dans l'épaisseur même de la rétine par conséquent, un système d'ondes stationnaires distantes de $\frac{\lambda}{2}$, comme dans les expériences de O. Wiener ou dans celles de M. Lippmann sur la photographie des couleurs. Il est, de plus, probable que ces ondes stationnaires ne doivent exister que sur une faible épaisseur, à cause de l'absorption par le milieu qui constitue la rétine.

» Remarquons, en passant, que cette fonction de miroir de la couche pigmentaire existe d'une façon indubitable chez le bœuf, où elle constitue

le *tapis*. Ce sont précisément ces ondes stationnaires qui viennent exciter les terminaisons nerveuses du nerf optique. Ces terminaisons sont de deux ordres : les bâtonnets et les cônes.

» Les bâtonnets étant constitués par des fibrilles cylindriques parallèles entre elles, on conçoit que ces ondes stationnaires les exciteront toutes, quelle que soit leur position, c'est-à-dire quel que soit le λ de la lumière incidente ; il faut donc en conclure que les bâtonnets donneront au cerveau la notion de lumière, sans lui permettre de juger de la couleur : on sait que le cerveau reporte toujours à la périphérie ses excitations, quel que soit l'endroit où le nerf a été excité.

» Les cônes, au contraire, étant constitués par des fibrilles parallèles, mais d'inégale longueur, seront excités différemment suivant le λ ; ils permettront donc au cerveau de se rendre compte de la couleur.

» Ces deux conclusions sont pleinement vérifiées par l'expérience :

» On sait que nous ne percevons bien toutes les couleurs que par la partie centrale de notre rétine (tache jaune) ; or, c'est là que se trouvent précisément les cônes, les bâtonnets étant surtout rejetés vers l'équateur de la rétine, qui ne donne plus que la sensation de lumière sans la notion de couleur.

» D'autre part, les animaux nocturnes, qui ne distinguent pas les couleurs, n'ont pas de cônes, tandis que les oiseaux qui se nourrissent d'insectes colorés ont des rétines riches en cônes.

» Enfin, si cette théorie est vraie, toutes les fois que la couche pigmentaire de la rétine disparaîtra, soit par la sénilité, soit par la maladie, il devra en résulter un affaiblissement parallèle de la vue (achromatopsie). C'est ce que l'expérience semble confirmer également.

» Cette nouvelle théorie peut se mettre d'accord avec l'hypothèse de Young et de Helmholtz. Il suffit d'admettre que les fibrilles des cônes se partagent en trois groupes allant se rendre à trois centres de perceptions différents. Bien plus, elle permet de se rendre compte pourquoi la longueur d'onde qui excite fortement un de ces groupes de fibrilles doit exciter faiblement les deux autres. Elle explique cette curieuse disposition de la rétine, où les éléments excitables (cônes et bâtonnets) se trouvent placés dans la couche la plus profonde, tournés pour ainsi dire du côté de la couche pigmentaire, ce qui paraissait inexplicable jusqu'ici.

» Il est remarquable de voir que le procédé employé par l'œil, pour se rendre compte de la longueur d'onde d'une lumière, est tout à fait comparable aux procédés employés jusqu'ici par les physiciens.

» Cette théorie me paraît satisfaisante à l'esprit, car elle ramène la perception des couleurs à l'appréciation d'une longueur λ qui est une grandeur d'ordre comparable aux dimensions des éléments anatomiques de la rétine. De plus, elle me paraît de nature à jeter une vive lumière sur l'explication d'un certain nombre de particularités de l'œil.

» Pour ne citer qu'un seul exemple, je ferai remarquer que, dans l'étude de l'achromatisme de l'œil, il ne faudra plus considérer la rétine comme un simple écran semblable à celui de nos laboratoires, mais bien comme un écran qui perçoit les différentes couleurs dans des zones différentes. »

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence et le rôle de l'amidon dans le sac embryonnaire des Cactées et des Mésembryanthémées.* Note de M. **E. d'Hubert**, présentée par M. Ph. van Tieghem.

« Quoique les observations relatives au sac embryonnaire aient été très nombreuses pendant ces dernières années, on n'a signalé la présence de l'amidon dans ce sac que dans un très petit nombre de cas [1], et jamais on n'a recherché sa manière d'être et son rôle.

» L'ovule des Cactées se prête bien à de telles recherches, et voici les résultats principaux auxquels l'étude de cet ovule m'a conduit. Dans tous les cas étudiés (4 *Cereus*, un grand nombre de *Phyllocactus* hybridés ou non, 2 *Epiphyllum*, 3 *Echinopsis*, 1 *Echinocactus*, 2 *Mamillaria*, 1 *Hariota*, 7 *Rhipsalis*) :

» 1° Le funicule contenant de l'amidon, l'ovule n'en possède pas avant la différenciation de la cellule sous-épidermique du nucelle (cette cellule donne directement le sac embryonnaire) ;

» 2° L'amidon apparaît en petits grains sphériques dans le protoplasme qui entoure le noyau de la cellule mère, soit un peu avant, soit un peu après la division de ce noyau. Ces grains d'amidon augmentent de nombre et de grosseur pendant la division en huit noyaux, et ils se disposent ainsi :

» 3° En grains de 1 à 2 μ de diamètre dans les synergides, dont la différenciation est hâtive [2] ;

» En grains de même grosseur et peu nombreux, autour de l'oosphère ;

---

[1] Guignard, *Embryogénie des Légumineuses*, p. 25. — Guignard, *Ovules et fécondation des Cactées* (*Bull. Soc. bot.*; 1886).

[2] La forme des synergides est surtout remarquable par un très grand allongement.

» En grains de 3 à 5 μ autour des noyaux polaires, dont le fusionnement est tardif;

» En grains de 2 μ environ dans l'appareil antipode.

» 4° Au moment de la fécondation, l'amidon des antipodes a presque disparu, et sa disparition sera totale.

» Il en est de même pour celui des synergides. L'oosphère en est toujours entourée, et la fécondation se fera au sein même de l'amidon (grains de 2 à 3 μ de diamètre).

» Le noyau du sac ([1]) est entouré de grains d'amidon de plus en plus volumineux, et toutes les divisions ultérieures de ce noyau (jusqu'au stade 32 environ) se feront au sein de l'amidon; les grains, dont le diamètre atteint jusqu'à 8 et 10 μ, diminueront petit à petit pour disparaître complètement.

» 5° Le jeune embryon et son suspenseur ne contiennent pas d'amidon. A partir du stade 32 environ, l'albumen n'en contient plus. Ces faits montrent que l'amidon joue, dans le sac embryonnaire des Cactées, un rôle de nutrition capital; il accompagne les différents noyaux dans leurs migrations, il paraît nécessaire à la régularité de tous les phénomènes ayant pour siège le sac embryonnaire; enfin, il permet, mieux que partout ailleurs, de rechercher le rôle des différents éléments du sac ([2]).

» Les observations faites jusqu'ici ne me permettent pas d'infirmer l'assertion de M. Guignard qui a décrit ([3]), dans le tube pollinique des *Cereus*, des granulations amylacées émigrant de là dans l'ovule. Cependant, on vient de voir que le sac embryonnaire est gorgé d'amidon bien avant la fécondation, et que la localisation en est très précise.

» 6° La forme du sac embryonnaire, la disposition de ses éléments à maturité, et celle de l'amidon, ne permettent ni de délimiter sûrement les différents genres de Cactées, ni de reconnaître si l'ovule étudié provient ou non d'un hybride. Tous les phénomènes qui ont pour siège le sac embryonnaire présentent chez les Cactées la plus grande uniformité.

» 7° Jusqu'à plus ample informé, les mêmes faits se retrouvent chez les Mésembryanthémées.

» 8° Les observations déjà faites permettent de penser que le rôle de l'amidon est de conserver au sac embryonnaire l'état qui caractérise le sac

---

([1]) La division du noyau du sac suit immédiatement la fusion des noyaux polaires.

([2]) Rôle que je me propose d'indiquer dans une prochaine Communication.

([3]) Guignard, *loc. cit.*

mûr et apte à être fécondé. Les phénomènes très nets de régression des éléments du sac, lorsque l'ovule reçoit tardivement ou ne reçoit pas le tube pollinique, parlent en faveur de cette manière de voir. Chez les Cactées, la fécondation est difficile, et l'ovule doit pouvoir conserver longtemps son aptitude à être fécondé.

» Je poursuis ces observations pour rechercher si la présence de l'amidon n'est pas également en relation avec la carnosité de ces plantes et aussi pour étendre ces résultats aux Cactées non encore étudiées. »

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la partie nord-ouest du département des Alpes-Maritimes.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Fouqué.

« Les recherches que je poursuis depuis quelques années sur la géologie du nord des Alpes-Maritimes m'ont amené à la conclusion que les accidents tectoniques de cette région peuvent se diviser en plusieurs catégories :

» 1° *Des plis anticlinaux et synclinaux*, qui se prolongent avec une hauteur à peu près uniforme sur une longueur très grande par rapport à leur largeur ; ces plis se renversent fréquemment et aboutissent souvent à la formation de plis-failles, comme cela a lieu d'ordinaire dans les régions plissées ;

» 2° Des *dômes* elliptiques, formés de couches plongeant de tous côtés vers l'extérieur, et des dépressions analogues (dômes inverses ou *cuvettes synclinales*) où les couches plongent de toutes parts vers le centre ; le grand axe de ces accidents n'est jamais très grand par rapport au petit. L'importance de ces dômes dans le Bassin de Paris a été mise en évidence par MM. Munier-Chalmas et Marcel Bertrand, et récemment ce dernier auteur et M. Fournier ont montré qu'ils jouent aussi un rôle important dans la géologie provençale. D'autre part, M. Munier-Chalmas a insisté à diverses reprises, dans son cours de Géologie à la Sorbonne, sur la grande fréquence de ces accidents tectoniques.

» Les dômes peuvent être situés sur le trajet de plis anticlinaux alignés suivant leur grand axe, et être considérés comme résultant d'une surélévation locale de l'axe de ces anticlinaux par suite d'une moindre résistance au plissement ou de pressions plus fortes ; de même, les cuvettes synclinales jalonnent souvent des synclinaux et résultent d'une dépression locale de leur axe. Ces surélévations et abaissements des axes anticlinaux et syncli-

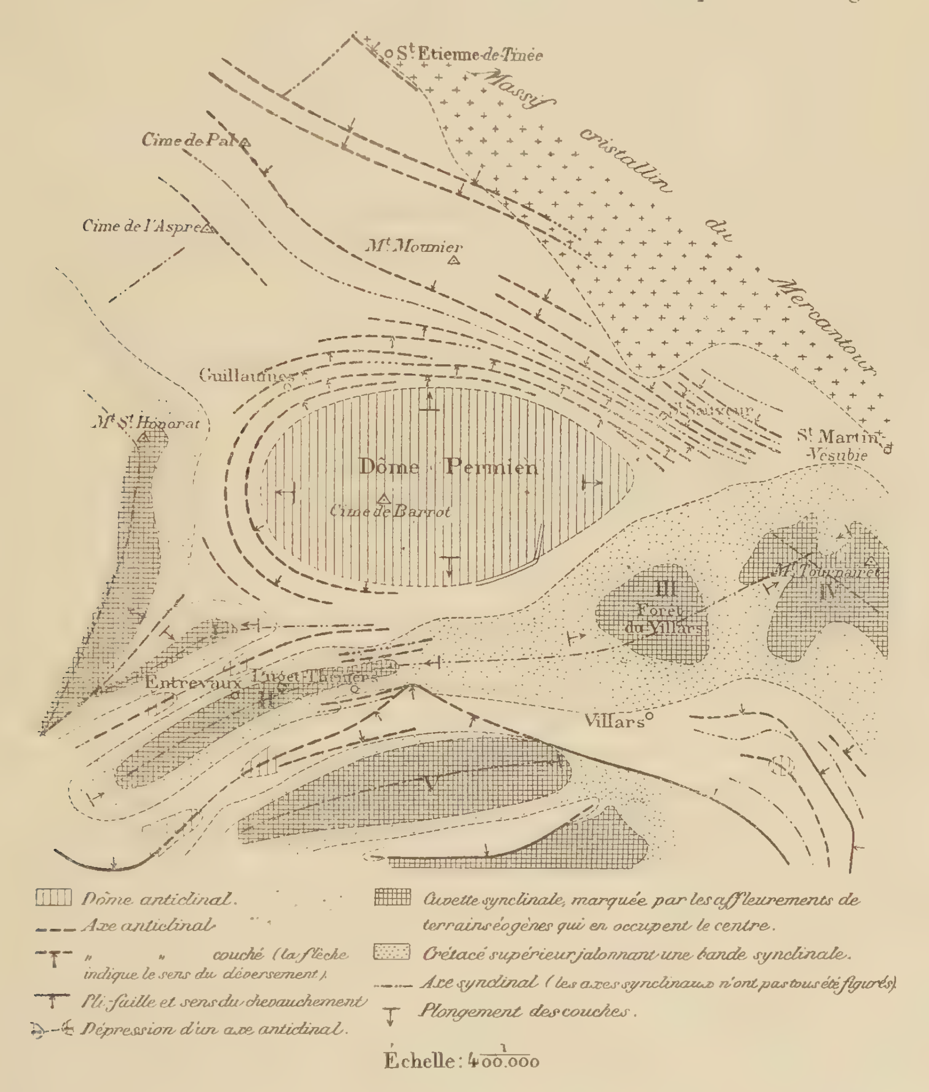
naux ont été expliqués par M. Marcel Bertrand par le croisement de directions anticlinales et synclinales transverses; dans cette théorie, les centres des dômes doivent être alignés suivant des lignes transversales, passant aussi par les points où l'axe des synclinaux est surélevé; un fait analogue doit se produire pour les cuvettes synclinales. Mais il ne me paraît pas que le phénomène soit aussi régulier dans la région que j'ai étudiée, et, en particulier, aux environs d'Entrevaux et de Puget-Théniers, où est bien développé un régime de cuvettes synclinales parallèles.

» La carte ci-jointe montre en effet, au nord-ouest d'Entrevaux, une cuvette synclinale (I), se terminant vers l'est par un relèvement brusque de son axe et ayant son centre, c'est-à-dire le point le plus déprimé pour une couche déterminée prise comme repère, situé à peu près au nord-ouest d'Entrevaux; puis vient un anticlinal qui présente un abaissement très net de son axe à l'ouest d'Entrevaux, suivi par une autre cuvette cynclinale (II), qui passe par Entrevaux et Puget-Théniers, et où l'altitude la plus faible du Nummulitique se trouve entre ces deux localités; cette cuvette, qui se termine à ses deux extrémités par un relèvement brusque, est située sur le trajet d'une large bande synclinale qui se prolonge vers l'est, présentant une nouvelle dépression moins marquée (III) à la forêt du Villars, et vient aboutir au massif de Tournairet, où se produit encore un abaissement très marqué de l'axe (IV), en même temps qu'un changement de direction. Au sud de la cuvette II se rencontre un anticlinal très important et qui acquiert, à l'est de Puget-Théniers, des complications dans le détail desquelles je n'entrerai pas ici; le seul fait que je veuille retenir est l'existence d'un abaissement brusque de son axe au sud-ouest de Puget-Théniers. Cet abaissement correspond assez bien avec celui de l'anticlinal précédent, mais non avec le centre de la cuvette II, ni avec celui de la cuvette synclinale V, située plus au sud, et dont le centre correspond plutôt à une surélévation des axes des deux anticlinaux adjacents; parmi ceux-ci, celui situé au sud se comporte à ses deux extrémités comme un dôme et surgit brusquement, mais se transforme en pli-faille en son milieu.

» On voit, d'après ce qui précède, que *les surélévations et les abaissements des axes de divers plis parallèles peuvent ne pas se correspondre d'un pli à l'autre, et même d'un anticlinal au synclinal adjacent. Les dômes peuvent surgir sur le trajet des anticlinaux et les cuvettes synclinales s'enfoncer sur le cours des synclinaux en des points quelconques, indépendants des dômes voisins*. Une autre particularité de ces dômes et cuvettes synclinales consiste dans la facilité avec laquelle elles disparaissent brusquement sans presque laisser de traces sur leur prolongement.

» Indépendamment de ces dômes, qui naissent sur le trajet d'anticlinaux, il en existe d'autres qui paraissent avoir une existence autonome et ne semblent pas se relier à un anticlinal : tels sont, par exemple, les *massifs amygdaloïdes* signalés par M. Marcel Bertrand, qui naissent brusque-

ment au centre d'un synclinal et disparaissent de même; tels sont encore certains *massifs centraux* alpins, qui surgissent brusquement sans que leur venue semble préparée par un anticlinal. Ces dômes, partout où ils existent, ont une part prépondérante dans la tectonique de la région, et



l'on constate facilement qu'ils jouent *un rôle directeur très marqué envers les plis et orientent pour ainsi dire ceux-ci*. La région que j'ai étudiée m'en a fourni un exemple très net.

» L'examen de la carte ci-jointe montre l'existence, au sud-ouest du massif cris-

tallin du Mercantour, d'un *dôme à noyau permien,* dont le contour a été figuré approximativement par la courbe de niveau 800^{m} de la surface supérieure du Permien. Le massif cristallin présente, sur sa bordure sud-ouest, une série de *plis déversés vers l'extérieur du massif,* dont la direction générale est à peu près celle de son grand axe; plus à l'extérieur, se trouve un autre anticlinal parallèle à ceux-ci, mais non déversé, qui passe par la cime de l'Aspre et est suivi, au sud-ouest, par un large synclinal; celui-ci contourne l'extrémité ouest du dôme permien, en subissant une déviation qui l'amène d'abord N.-S., puis N.E.-S.O., et vient *se rebrousser brusquement* à angle très aigu, en donnant naissance à la cuvette I, qui contourne le bord sud du dôme permien; l'arête de rebroussement est jalonnée par le cours du Var au-dessus du confluent du Colomp.

» L'intercalation du dôme au milieu d'un faisceau de plis primitivement parallèles et orientés N.O.-S.E., que ce dôme soit contemporain de ces plis ou antérieur, a donc eu pour effet de produire un rebroussement brusque du synclinal qui le suit immédiatement ([1]). Les plis plus extérieurs du faisceau, situés dans les Basses-Alpes, contournent ce rebroussement en faisant un coude de plus en plus arrondi, et il est ainsi facile de se rendre compte de la cause de la déviation brusque que présentent les plis de cette zone des Alpes.

» Quant à l'origine de ce dôme, la carte montre qu'il se trouve sur le prolongement de l'anticlinal de la cime de l'Aspre, mais la direction de son grand axe est tout à fait différente de celle de cet anticlinal, qui semble d'ailleurs disparaître vers le sud-est, ou tout au moins est complètement masqué par les *plis périphériques du dôme,* dont il me reste à parler.

» Sur les trois quarts de son pourtour, en effet, la couverture triasique et jurassique du dôme présente une série de *plis concentriques, déversés vers l'extérieur et qui contournent sans interruption l'extrémité occidentale du dôme.* Ces plis, aux environs de Saint-Sauveur, se rapprochent très fortement de ceux de la bordure du massif cristallin, déversés en sens inverse. Vers le sud-est, au contraire, la surrection du dôme a été très brusque et a même produit localement un étirement du Trias et du Lias de la couverture, marqué par un double trait sur la carte.

» La présence de ces plis périphériques, déversés vers l'extérieur et *contournant le dôme* est analogue aux faits observés par M. Munier-Chalmas au sud du dôme de Bray et par M. Marcel Bertrand en Provence, mais se produit ici sur une plus grande longueur; elle différencie ce massif des *massifs amygdaloïdes*, où les plis s'atténuent et disparaissent à l'extrémité du massif, comme cela a lieu, d'ailleurs, pour l'extrémité nord-ouest du massif cristallin de Mercantour. Ce dôme disparaît brusquement vers l'est, et l'on voit le synclinal qui le suit au sud venir en contact immédiat avec le massif cristallin avant même d'arriver à Saint-Martin-Vésubie, où le bombe-

([1]) M. Marcel Bertrand a signalé un fait analogue à l'extrémité sud-ouest du massif du Grand-Paradis, près de Bonneval.

ment central du dôme et tout le faisceau de plis couchés, si net aux environs de Saint-Sauveur, ont complètement disparu. »

PALÉO-ETHNOLOGIE. — *Un maxillaire inférieur humain trouvé dans une grotte des Pyrénées.* Note de MM. **Louis Roule** et **Félix Regnault**, présentée par M. Milne-Edwards.

« Cette grotte, dite de l'*Estelas*, du nom du pic où elle est creusée, est située dans le territoire de la commune de Cazaret, près Saint-Girons (Ariège). Une certaine importance lui est donnée par son altitude, quelque peu supérieure à 900^m, qui la rend une des cavernes les plus élevées des Pyrénées, sinon la plus haute. Malgré cette particularité, elle contient, au-dessous de son plancher stalagmitique, une riche faune quaternaire, intéressante par l'abondance des débris de la Marmotte, complètement disparue aujourd'hui de la chaîne entière. Fouillée à plusieurs reprises et à diverses époques, soit par M. l'ingénieur Harlé, qui a publié les résultats de ses recherches (*Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 1894), soit par nous, cette grotte a donné, entre autres échantillons capables de fixer son âge : la Marmotte, le Cheval, le Cerf élaphe, un Bovidé de grande taille, l'*Ursus arctos*, et quelques os entiers des membres d'un Ours qui, à en juger par ses dimensions énormes, était l'*Ursus spelæus*.

» Cette curieuse association d'animaux, où manque le Renne, offre déjà de l'intérêt par l'altitude de la grotte où ils ont laissé leurs vestiges. Les ossements du grand Ours sont surtout nombreux dans les couches profondes de l'assise argileuse placée sous la stalagmite; et, parmi eux, engagé dans l'argile, sans être accompagné d'aucune autre pièce correspondante, se trouvait, ainsi isolé, un maxillaire inférieur humain.

» Cet exemplaire, recueilli en place, est important à divers égards. Il est entier, alors que les rares échantillons similaires sont incomplets. Il appartient, d'après ses dimensions et les caractères de sa dentition, à un jeune sujet, âgé d'environ dix ans; alors que les mâchoires déjà connues ont atteint tout leur accroissement. Enfin, il offre, au sujet de l'Anatomie comparée des races humaines, un certain nombre de particularités intéressantes.

» Ce maxillaire mesure, sur le bord inférieur de son corps, 7^{cm} depuis la symphise mentonnière jusqu'au gonion et $4^{cm},5$ sur le bord postérieur de la branche montante, depuis le gonion jusqu'au sommet du condyle. La largeur bigoniaque est de 82^{mm}, et

la largeur bicondylienne de 100^{mm}. L'angle goniaque mesure 121°. Il est difficile d'apprécier avec sûreté la valeur exacte de l'angle symphisaire, car le bord incisif est quelque peu ébréché; cet angle paraît compter, en moyenne, de 75° à 80°.

» Les incisives manquent; elles étaient, d'après la taille de leurs alvéoles, petites et serrées. Les canines sont en voie de remplacement; celle de droite fait défaut; celle de gauche est située dans son alvéole. Les deux prémolaires de chaque côté ont deux racines et plusieurs tubercules; en conséquence, elles appartiennent encore à la dentition de lait. La première molaire, entièrement sortie, porte cinq tubercules. La deuxième molaire est enfermée dans son alvéole ; la troisième molaire ne se manifeste pas au dehors. En résumé, d'après ces caractères, le sujet auquel appartenait ce maxillaire était un jeune adolescent, d'une dizaine d'années, sans doute, qui perdait ses dents de lait et les remplaçait par des dents permanentes. Le bord alvéolaire offre d'autres particularités. En avant des incisives, il porte une crête saillante très forte, en partie disparue par effritement, mais dont il demeure des traces, et que nous avons eu le temps de fixer par la Photographie. En arrière de la première molaire il est fort large. Ces deux faits dénotent, selon toutes probabilités, la présence d'une lèvre inférieure épaisse, et l'égalité tout au moins, sinon la supériorité en dimensions, des dernières molaires avec la première.

» Le corps du maxillaire est trapu, épais et peu élevé. Il porte en avant, sur sa ligne médiane, une courte saillie mentonnière, peu prononcée, de faible surface, aux contours bien arrêtés; cette apophyse surbaissée donne au menton un profil d'une faible avancée, et seulement au-dessus du bord inférieur. La ligne oblique interne, sur laquelle s'insère le muscle mylo-hyoïdien, est fort large et surélevée. La branche montante est courte, ample; son apophyse coronoïde, déjetée en dehors par son sommet, est très épaisse à sa base.

» En somme, cette mâchoire présente des caractères manifestes d'infériorité, et, par surcroît, elle possède des qualités de force, de puissance, d'étendue des insertions musculaires, remarquables pour un sujet aussi jeune. En la comparant à celle trouvée par l'un de nous dans la grotte de Malarnaud (Ariège), qui a été savamment décrite par M. Filhol (*Revue des Pyrénées*, 1889), comme à celle de la Naulette, dont nous avons un excellent mélange dû à l'obligeance de M. Dupont, directeur du Musée de Bruxelles, et qui ont appartenu à des individus adultes, la ressemblance d'ensemble, abstraction faite d'une moyenne des différences établies par l'âge, est frappante. Le corps épais et bas, la branche montante courte et large, l'insertion mylo-hyoïdienne forte composent autant de particularités communes. L'unique dissemblance tient à la présence d'une saillie mentonnière sur le maxillaire de l'Estelas, et à son défaut sur les autres; la forme et la petitesse de ce mamelon dans le premier cas, et son allure générale, portent à penser que, selon toutes probabilités, il est destiné à s'effacer pendant les phases ultérieures de l'accroissement de l'os. Ces faits

réunis se complètent mutuellement et conduisent à exprimer la notion suivante : Durant l'époque où le grand Ours des cavernes, aujourd'hui disparu, habitait nos pays, vivait également, dans nos contrées, une race humaine, de taille normale, à la mâchoire inférieure basse et puissante. privée de menton, ou n'en ayant qu'un petit chez les jeunes; à cause de l'étendue des insertions musculaires de cette mâchoire, qui dénote l'existence de volumineux muscles mentonniers, et de l'absence ou de la petitesse de la saillie mentonnière, cette région antérieure et inférieure de la tête devait être fuyante et venir largement se raccorder au cou.

» Nous nous sommes bornés à décrire les caractères essentiels de cet exemplaire, avec les conditions de sa découverte; nous en faisons hommage au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. »

M. A. **Thézard** adresse une Note relative à la « fertilisation du sol dans les promenades et plantations de Paris ».

M. V. **Diard** adresse, de Buenos-Aires, une Note relative à la conservation des viandes.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 8 juillet 1895.

La vie et l'œuvre botanique de P. Duchartre, par M. D. Clos, professeur honoraire de la Faculté des Sciences, Correspondant de l'Institut. Paris, 1895; in-8°.

Notes pratiques sur l'injection sous-cutanée, par M. le Dr J. Rousset (de Genève). Sceaux, Charaire et Cie, 1895; 1 br. in-8°.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, publié sous la direction des Secrétaires de la Société, MM. Collignon et Aimé Girard. Paris, 1895; 1 vol. in-4°.

Analyse spectrale des minéraux, par M. Arnaud de Gramont. Paris, Baudry et Cie, 1895; 1 vol. in-8°.

L'Anthropologie. N° 3. Mai-juin 1895. Paris, G. Masson; 1 vol. gr. in-8°.

Bulletin international du Bureau central météorologique de France. 26 juin-2 juillet 1895; 2 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société internationale des Électriciens. Juin 1895. N° 119. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1 br. gr. in-8°.

Revue maritime et coloniale. Juin 1895. Paris, Baudoin; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. Tome VIII, quatrième livraison. 1894. Saint-Étienne; 1 vol. in-8°, avec Atlas in-f°.

La Nature, revue des Sciences et de leurs applications aux Arts et à l'Industrie. Rédacteur en chef : M. Gaston Tissandier. Paris, G. Masson ; 1 fasc. gr. in-8°.

Archives biologiques, publiées par l'Institut impérial de Médecine expérimentale à Saint-Pétersbourg. Tome III. N° 6; 1 vol. in-4°.

Nova acta regiæ Societatis Scientiarum Upsaliensis. Seriei tertiæ. Vol. XV. Fasc. II. 1895; 1 vol. in-4°.